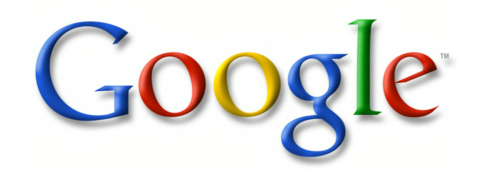
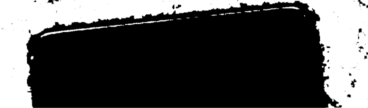






HANDBUCH

DER

SCHULHYGIENE

ZUM GEBRAUCHE

FÜR ÄRZTE, SANITÄTSBEAMTE, LEHRER, SCHULVORSTÄNDE
UND TECHNIKER

VON

DR. ADOLF BAGINSKY,
a. o. Professor der Kinderheilkunde an der Universität Berlin, Director des
Kaiser- und Kaiserin Friedrich-Kinderkrankenhauses,

MIT UNTERSTÜTZUNG VON

OTTO JANKE,
Lehrer an der Gemeindeschule in Berlin.

Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage.

ERSTER BAND.

Mit 238 in den Text gedruckten Abbildungen.

STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1898.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Vorrede.

Die längst schon nothwendig gewordene Neubearbeitung des „Handbuchs der Schulhygiene" hat sich gegen meinen Wunsch verzögert. Die ausgedehnte rein ärztliche Thätigkeit, praktische und wissenschaftliche, liess mir nicht die Musse, stetig auf dem mir so liebgewordenen Gebiete der Schulgesundheitspflege thätig zu sein. Auch jetzt noch wäre es mir schwer geworden, die neue Bearbeitung des Buches durchzuführen, würde ich nicht in Herrn Lehrer Otto Janke einen rüstigen Mitarbeiter gefunden haben, welcher, selbst schon auf demselben Gebiete praktisch und literarisch bewährt, es mir erleichterte, von den neuen Erscheinungen der Literatur ebenso wie von neuen praktischen hygienischen Schuleinrichtungen Kenntniss zu nehmen.

Die neue Auflage wird nothgedrungen umfangreicher als die früheren, so dass es zweckmässig erschien, den technischen Theil in einem Bande zusammenzufassen. Soweit rein bautechnische Fragen eine sachgemässe Bearbeitung erheischten, habe ich mich in dem Capitel „Schulgebäude" der gütigen Beihilfe des Königlichen Kreisbauinspektors Herrn Wendorff zu erfreuen gehabt.

In den anderen technischen Abschnitten wurde ich von Behörden, so insbesondere von dem Hochbauamt des Berliner Magistrats, von Ingenieuren und Fabrikanten durch Ueberlassung von Zeichnungen und Clichés in dankenswerthester Weise unterstützt. So hoffe ich in dem Buche ein umfassendes und klares Bild desjenigen gegeben zu haben, was an hygienischen Verbesserungen für

die äusseren Einrichtungen der Schule erreicht ist und weiterhin noch anzustreben sein dürfte.

Der zweite Theil des Buches wird sich mit der Hygiene des Unterrichtes selbst, mit den Schädigungen der Jugend innerhalb des Schullebens und deren Beseitigung, endlich mit der ärztlichen Ueberwachung der Schuljugend zu beschäftigen haben. Ich hoffe denselben in kurzer Frist dem ersten folgen lassen zu können.

Von der verehrlichen Verlagshandlung bei der erneuten Herausgabe des Buches in reichem Maasse durch die Wiedergabe zahlreicher erläuternder Abbildungen unterstützt, hege ich den Wunsch, dass die neue Auflage, wie die früheren, eine freundliche Aufnahme finde, allerorten nutzbringend wirke und Befriedigung bereite.

Berlin, den 5. Oktober 1898.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erster Theil.

Anhang.

Einleitung.

Die Hygiene oder öffentliche Gesundheitspflege beschäftigt sich mit den Beziehungen aller Erscheinungen, Ereignisse und Einrichtungen zu dem Wohlbefinden einer grösseren Menschengruppe und wirkt in der praktischen Anwendung dahin, das gemeinsame Wohlbefinden zu vervollkommnen und zu steigern.

Sie ist in diesem umfassenden Sinne nichts weniger als neu oder jung; sind doch in den Gesetzgebungen der ältesten Culturvölker die Grundlagen der bis auf den heutigen Tag als vollgültig anerkannten hygienischen Gesetze vielfach zu erkennen und aufzufinden. — Was uns in der modernen öffentlichen Gesundheitspflege als neue Wissenschaft gegenübertritt, ist das zielbewusste und bis zu einem gewissen Masse systematisch geleitete Aufsuchen dessen, was den, aus dem Zusammenleben grösserer Menschengruppen hervorgehenden Schädigungen des körperlichen und geistigen Wohles derselben entgegen zu wirken im Stande ist. — Die neuere Hygiene hat es sich zur bewussten Aufgabe gemacht, sich mit denjenigen Einflüssen zu beschäftigen, welche, aus Einrichtungen, Verkehr, Sitten und Gebräuchen der Menschen hervorgehend, das Wohl derselben zu beeinträchtigen im Stande sind; sie hat die Störungen der menschlichen Gesundheit durch epidemische Krankheiten, die Erkenntniss der Ursachen derselben und die Möglichkeit und beste Art ihrer Beseitigung zum besonderen Gegenstande der Forschung erhoben, und sie hat auf der anderen Seite unter Herbeiziehung und Nutzung der aus den verschiedensten Gebieten menschlicher Arbeit und menschlichen Wissens geflossenen Erfahrungen und Kenntnisse die positive Aufgabe übernommen, die Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Menschheit im Ganzen zu steigern. — Die Gesundheitspflege beschäftigt sich nicht, wie die praktische Medicin, mit der Aufgabe,

Kranke zu heilen, mit der gewordenen Krankheit, ihre Aufgabe ist vielmehr die Krankheitsverhütung; darum ist die Erforschung der krankheiterregenden Bedingungen überhaupt ein wesentlicher Theil ihres Arbeitsgebietes geworden. Es ist unschwer zu verstehen, wie bei der Verschiedenheit der menschlichen Lebensbedingungen und Leistungen nach Altersstufen und Berufsarten auch die Aufgaben der Gesundheitspflege verschiedenfach sich gestalteten, die eigenen Leistungen verschiedenartig sich entwickelt haben. So haben die Beziehungen des kindlichen Alters zu der besonderen Art der Ernährung, zum Lernen und Spiel besondere Zweige der hygienischen Forschung und Arbeit gezeitigt und dies begreiflicherweise recht früh, schon zu einer Zeit, wo von einer systematischen Entwickelung des Faches kaum noch die Rede war. Wir werden versuchen, in einem kurzen Abriss der Geschichte der Hygiene der Schule und des Unterrichts über den Gang der bisherigen Entwickelung dieses Theilgebietes Aufschluss zu geben. — Ganz anderer Art als hier waren begreiflicherweise die Aufgaben der Hygiene unter Berücksichtigung der Berufsthätigkeit der Menschen; hier gestaltete sich aus den Beziehungen der Gesundheit der Menschen zum Gewinn die Hygiene als eine Art Wirthschaftslehre der Gesundheit. Hier ist interessant, dass die Wirthschaftslehre von der ökonomischen Bedeutung der Gesundheit mit derjenigen des Capitals so grosse Uebereinstimmung und Verwandtschaft zeigt, dass Capital in Gesundheit, Gesundheit in Capital umgerechnet werden kann. Bedeutet doch jedes Individuum, das noch eine Arbeit thun kann, für die menschliche Gesellschaft ein Capital, dessen Höhe sich nach der Art und dem Masse der zu leistenden Thätigkeit richtet, und in diesem Sinne ist Krankheit und Invalidität auch Capitalsverlust, so dass in der neueren socialen Gesetzgebung Schädigung der Gesundheit und am Körper erlittene Einbusse in Procentrechnung in Capital umgesetzt und dies der Entschädigungsleistung zu Grunde gelegt wird.

Die Hygiene will die Leistungsfähigkeit der menschlichen Gesellschaft erhöhen; sie will die Zeit, in welcher productive Arbeit möglich ist, verlängern; sie will aber auch die Lebensfreude steigern, mit einem Worte: sie will die Krankheiten verhindern, welche die volle Ausübung der körperlichen und geistigen Verrichtungen unmöglich machen und die Ursachen mangelhafter Körperkraft, kürzerer Lebensdauer und vermehrter Sterblichkeit sind. Dass sie dies zu leisten vermag, lehrt uns bis zu einem gewissen Grade die Statistik der Krankheits- und Todesfälle, welche sich nach eingreifenden hygienischen Massnahmen

ganz wesentlich günstiger gestaltet hat als vorher. — Es darf nur an verringerte Pockensterblichkeit nach Einführung der Vaccination, an die an den meisten Orten wesentlich verminderte Typhussterblichkeit nach Einführung verbesserter Wasserverhältnisse und nach Assanirung des Bodens, an die Abwehr der Cholera durch Ueberwachung der Flussläufe u. s. w. erinnert werden.

Man erkennt aus den gegebenen Andeutungen den Umfang der der Hygiene zufallenden Aufgaben; zu der Erfüllung derselben bedarf sie nicht allein einer grossen Anzahl von Hilfswissenschaften überhaupt, hierzu benöthigt sie vielmehr noch besonderer Einrichtungen, obenan eines in alle Fragen mit den mächtigen Mitteln des Staates, selbst dem diplomatischen Verkehr, eingreifenden Institutes, wie das Deutsche Reich in seinem Kaiserlichen Gesundheitsamt geschaffen hat, hierzu der mit allen wissenschaftlichen Mitteln ausgestatteten Anstalten resp. Laboratorien; hierzu bedarf sie aber auch einer eigentlichen Executive, wie in der Sanitätspolizei gegeben ist, und endlich einer das Privatrecht gegenüber dem öffentlichen Recht wohlabwägenden Gesetzgebung. — Dem Staat und der Gemeinde unter der Leitung der wissenschaftlichen Führer fallen also die zu erfüllenden Aufgaben zu; sie sind gemeinsam wirksam in der Bethätigung des Volkswohles, — durch die Prophylaxe.

Die Hygiene verliert sich nicht in dogmatischen fruchtlosen Satzungen, sondern sie giebt der Nation gleichsam als lebendige Kraft die in ihr aufgespeicherte Arbeit zurück. Indem sie die Volksgesundheit vor Verlusten schützt und bessert, steigert sie die gesammte Leistungsfähigkeit der Nation und in letzter Linie auch das Nationalvermögen; so wird sie die echte und wahre Lehre von der Volkswirthschaft und führt eher als jede andere die sociale Frage ihrer Lösung entgegen. Indem sie aber mit der Besserung der sanitären Verhältnisse die geistige Entwickelung der Nation von Grund aus beeinflusst, wird sie auch die Förderin der Intelligenz und der Moral.

Geschichte der Schulhygiene.

Die Sorge für die körperliche Ausbildung ist so alt wie das Menschengeschlecht. Auch die Naturvölker bemühten sich schon, sich für den Kampf mit den Menschen und den Thieren zu befähigen; aber ein bestimmter Plan zeigte sich in Allem, was auf die körperliche Erziehung Bezug hatte, erst mit der beginnenden und fortschreitenden Cultur.

Im klassischen Alterthum sehen wir insbesondere bei den Griechen[1]) den Schwerpunkt der erziehlichen Einwirkung auf die körperliche Ausbildung gelegt. Der Gesammtzweck aller hierauf bezüglichen Uebungen, die unter dem Namen Gymnastik zusammengefasst wurden, war die „harmonische Ausbildung aller Theile, Kräfte und Anlagen des Körpers, damit dieser dem Geiste in jeglicher Weise dienen könne. Aber nicht bloss physische Ertüchtigung, auch geistige Erstarkung sollte erstrebt werden, Besonnenheit, Muth und Entschlossenheit des Geistes, damit er den Leib zu beherrschen und von dessen Kräften im entscheidenden Augenblick den besten Gebrauch zu machen vermöge. Nicht weniger sollte die Gymnastik dem Geiste eine Quelle lebensfroher Munterkeit und thatkräftiger Regsamkeit überhaupt werden“. Die älteste, einfachste und natürlichste körperliche Uebung war der Lauf, durch den man die Ausbildung und Stählung des ganzen Körpers und eine freie und sichere Haltung bezweckte. In gleichem Ansehen stand das Ringen, bei dem es nicht allein auf Kraft und Stärke ankam, sondern mehr auf den schnellen Ueberblick die Blössen des Gegners zu erspähen und sie rechtzeitig

[1]) Bartholomäus, Die körperliche Ausbildung bei den Griechen und Römern. Deutsche Schulzeitung 1897. Nr. 14. Ferner auch die betreffenden Artikel in: Euler's Encyclopädischem Handbuch des gesammten Turnwesens, 3 Bd., 1895, Wien, und in: Rein's Encyclopädischem Handbuch der Pädagogik, 1895—1898, 5 Bd., Langensalza.



zu benutzen, wie auch durch allerhand Wendungen, Stellungen und geschickte Handgriffe denselben zu besiegen. Zu der dritten Uebungsart, dem Sprunge, gehörte der Hochsprung auf und von der Stelle, der Weitsprung und der Tiefsprung. Die vierte Uebung, das Speerwerfen, diente neben der Erziehung zur Geschicklichkeit im Treffen eines fernen Zieles zugleich der Vorbereitung für den Krieg. Der Zweck des Discuswerfens war hauptsächlich die Stärkung der Schultern und Arme und die Vermehrung der Spannkraft in den Beinen. Diese fünf Uebungen, die den Hauptbestandtheil der griechischen Gymnastik bildeten, waren zu einem Kampfsystem, dem Fünfkampf, Pentathlon, vereinigt. Neben diesen Uebungen wurden noch der Faustkampf und das Pankration oder der Allkampf, eine Vereinigung von Ringen und Faustkampf, getrieben, zumeist aber nur von den Athleten, den gewerbsmässigen Wettkämpfern. — In Sparta mussten auch die Mädchen die gymnastischen Uebungen pflegen, in der Absicht, dadurch für den späteren mütterlichen Beruf besser ausgerüstet zu sein.

Nachdem bereits im elterlichen Hause mit der Pflege der gymnastischen Uebungen angefangen war, begann der eigentliche Unterricht auf den öffentlichen Uebungsplätzen und in besonderen Gebäuden, den Palästren und Gymnasien, bei gesunden, kräftigen Knaben mit dem 7. Lebensjahre. Die Uebungen waren meist leicht und bestanden hauptsächlich in heiteren Spielen, von denen das Ballspiel bevorzugt wurde. Es folgten die Uebungen im einfachen Wettlauf und im Schwimmen. Mit dem 10. Lebensjahre und später traten dann die schweren gymnastischen Uebungsarten auf: Ringen, Springen, Speer- und Discuswerfen, wozu dann noch der Ringkampf, der Faustkampf, der Fünfkampf und der Allkampf kamen. Bei den gymnastischen Uebungen waren die Knaben und Jünglinge stets nackt, damit sie angehalten würden, auf die Wohlgestalt des Körpers und auf schöne Stellungen zu achten. — Bei Gelegenheit von Nationalfesten wurden Wettspiele in den Gebieten fast aller Stämme gefeiert. Bald aber übertrafen die olympischen Wettspiele alle übrigen. Sie wurden alle 4 Jahre gefeiert und zwar am ersten Vollmond nach der Sommersonnenwende, zumeist 5 Tage lang. Die 3 mittleren Tage waren für die Wettkämpfe bestimmt, nämlich der 2. für die Kämpfe der Jünglinge, der 3. für den Wettlauf der Männer und der 4. für das Rennen der Pferde und Wagen.

War bereits von den Spartanern, gegenüber der mehr idealen Auffassung von der Gymnastik bei den Athenern, besonders die kriegerische Tüchtigkeit, die Abhärtung und Ausdauer ins Auge

gefasst worden, so tritt letzteres bei den Römern durchaus in den Vordergrund. Eine nationale Gymnastik im Sinne der Griechen hatten die Römer nicht (Euler); sie betrachteten die körperlichen Uebungen, die sie durchaus nicht gering achteten, von dem Standpunkte der Nützlichkeit. Die Kräftigung und Abhärtung wurde theils zur Erhöhung der Gesundheit, theils als Vorbereitung für den Krieg betrieben; von einer kunstmässigen, ihrer selbst wegen geübten Gymnastik fand man in den ersten Anfängen des römischen Freistaates keine Spur; die griechische Gymnastik galt den Römern als blosser Müssiggang und leeres Thun und erregte in den Uebungen, die nackend betrieben wurden, grossen Anstoss. Laufen, Discuswerfen, Fechten, Schwimmen und besonders das Reiten wurden von der römischen Jugend gepflegt, aber Alles nur als Vorbereitung für den Krieg; von einer allgemeinen Betheiligung an diesen Uebungen war keine Rede, nicht wie in Griechenland, wo die Pflege der Leibesübungen, um ihrer selbst willen, Förderung erfuhr. Grosser Beliebtheit erfreute sich das Ballspiel, für welches in grösseren Häusern ein besonderer Saal zur Verfügung stand. Bei den häufig veranstalteten öffentlichen Spielen wurden die Wettkämpfe hauptsächlich von Unfreien und von berufsmässigen Wettkämpfern ausgeführt. Am allergeringsten war die Sorge für die körperliche Erziehung der Mädchen.

Mit dem Eindringen des Christenthums ging die griechische Gymnastik unter, verschwand wenigstens für viele Jahrhunderte. Inzwischen traten die Germanen auf den Schauplatz der Geschichte, das Volk, dem Kriegstüchtigkeit und Waffenfähigkeit als nationale Sache galt. Diesem Ziel entsprach die Erziehung der Jugend. Der stete Aufenthalt im Freien ohne Rücksicht auf die Witterung, körperliche Arbeit und Spiel, die Einfachheit in Lebensweise, Kost und Kleidung erhielt die Kinder gesund. Erst wenn die Jünglinge Proben ihrer Fertigkeit in der Waffenführung abgelegt hatten, wurden sie als selbständige Glieder in die Gaugenossenschaft und in die Reihen des Volksheeres aufgenommen; aber keineswegs war damit die Sorge für die körperliche Tüchtigkeit beendet. Waffenübungen und Waffenspiele — unter diesen besonders der Schwertertanz — wurden betrieben; Laufen, Springen, Speerwerfen, Steinstossen waren volksthümliche Uebungen; Jagen und Schwimmen härteten den Körper ab. In der Folgezeit traten der Pflege der genannten Uebungen der Einfluss des Christenthums und der Umstand, dass die meisten Stämme nach der Völkerwanderung sesshaft wurden und das Schwert

mit dem Pfluge vertauschten, hemmend entgegen. Schon im 4. Jahrhundert trat die der christlichen Kirche eigenthümliche Erscheinung der klösterlichen Erziehung hervor. Basilius der Grosse, von dem die erste Anweisung zur klösterlichen Erziehung herrührt, will, dass man die Kinder schon im frühesten Alter dem Kloster übergebe, wo sie in besonderen Häusern unter der Aufsicht eines erfahrenen und in der Geduld erprobten Mannes eine ihrem Alter angemessene Lebensweise führen sollten. Die Zucht war, wie sich das aus dem asketischen Charakter der Klöster von selbst versteht, überaus streng, aber sie sollte derart gestaltet werden, dass die Strafe zugleich eine Uebung in der Ablegung des Fehlers sei. Die Strafen bestanden in Schlägen, Isolirung von den übrigen Schülern, Entziehung der Nahrung u. s. w. Späterhin machte man in den Klosterschulen einen Unterschied zwischen den Oblati, den künftigen Mönchen, auf die sich die Erziehung anfangs beschränkt hatte, und den Nutriti, welche nur den Unterricht genossen, um dann später in das weltliche Leben zurückzukehren. So gewannen diese Schulen auch Einfluss auf die Erziehung weit über die Klostermauern hinaus.

Erst mit Karl dem Grossen begann eine neue Culturepoche für Deutschland, in der auch die leibliche Ausbildung in günstigere Bahnen trat. Verschiedene Sagenkreise uralten Stoffes verherrlichen die altgermanische Grösse, wobei neben Ausmalung der nationalen Vergnügungen auch der Pflege der Leibesübungen gedacht wird (Pawel)[1]. Zu dieser Zeit entstanden auch die ersten Schulen, die Parochialschulen, die von einzelnen Geistlichen gehalten wurden, die Trivialschulen in den ärmeren Klöstern, wo das alte Trivium, Grammatik, Rhetorik und Dialektik, gelehrt wurde, die Stifts- oder Domschulen in den reicheren Klöstern oder bei Kathedralen in den Städten. In den letztgenannten Schulen trat zu dem Trivium das Quadrivium hinzu, nämlich Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie. Die körperliche Aus- und Durchbildung der Jugend fand hier keine Berücksichtigung.

In den Gegensatz zu der scholastischen Bildung in den damaligen Schulen tritt vom 11. und 12. Jahrhundert ab die höfisch-ritterliche Erziehung; den sieben freien Künsten stehen die sieben ritterlichen Vollkommenheiten gegenüber, nämlich: Reiten, Schwimmen, Schiessen, Jagen, Turniren, Ringen und Hofiren. Schon im 7. Lebensjahre wurde der Knabe von edler Herkunft in das

[1]) Bei Euler, Bd. I.

Schloss eines anderen Ritters gebracht. Hier lernte er als Bube oder Page die Anfangsgründe der Rittertugenden; er übte sich im Fechten, Schiessen, Schwimmen und Reiten, um seinen Körper gewandt und stark zu machen. Im 14. Jahre erfolgte seine Wehrhaftmachung durch Umgürtung eines Schwertes; nun hiess er Knappe oder Junker und begleitete seinen Herrn oder dessen Gemahlin zu jedem Geschäfte, zu der Lust der Jagd, der Feste und der Waffenspiele wie auch in den Ernst der Schlacht. Erst im 21. Jahre wurde er zum Ritter geschlagen. Ihr Können in den körperlichen Uebungen zeigten die Ritter in den ritterlichen Spielen, die ihren Höhepunkt in den Turniren erreichten. Anfangs bildeten alle genannten Uebungen den Inhalt der Kampfspiele; nach und nach wurden aber die Fechtübungen zu Pferde allen übrigen vorgezogen, bis sie schliesslich Wesen und Art der Ritterspiele beherrschten. Die Blüthe des Ritterthums währte nur wenige Jahrhunderte.

Zu dieser Zeit waren die Klöster reich geworden, die Mönche wurden herrschsüchtig und lasterhaft, sie beschäftigten sich mehr mit politischen Dingen als mit der mühsamen Erziehung der Jugend. Man verweigerte den Knaben zuletzt die Aufnahme in die Klöster unter dem Vorwande, dass die Wildheit der Jugend, ihr Ungehorsam und ihr Lärmen die Klosterzucht störe und die Mönche am Beten und Fasten hindere. Nicht besser war es mit den Dom- oder Stiftsschulen. Eine neue Pflegestätte fanden die Schulen nun in den aufblühenden Städten. An ihren lateinischen Schulen wirkten Geistliche, an den sog. deutschen Schulen Schreiber als Lehrer. Lesen, Schreiben und Rechnen waren die wichtigsten Unterrichtsgegenstände. Schultze[1]) nimmt an, dass hier der Unterricht mit dem Schreiben begann, dass also das Lesen durch das Schreiben oder zugleich mit ihm gelehrt wurde. Man hatte Wachstafeln (Tafeln aus Holz, Glas, Metall mit Wachsüberzug), auf welche man mit hölzernen oder Metallgriffeln die Zeichen eingrub. Pergamenttafeln waren für den gewöhnlichen Gebrauch zu theuer; noch im Jahre 1500 wird in der Nürnberger Schulordnung bestimmt, dass die älteren Schüler Vor- und Nachmittags „eine frische Schrift ihrer Hand in Wachs oder auf Papier“ dem Lehrer zeigen sollten. Die Zucht war eine sehr strenge, Ruthen wurden in grosser Zahl verbraucht. Der ursprüngliche Zweck des grossen Schülerausfluges, der später Vacatum genannt wurde, war das Einsammeln von grünen Ruthen zum Schul-

---

[1]) Schultze, Evangelische Volksschulkunde. Gotha 1893. p. 71 ff.

bedarf. An Festen und Spielen fehlte es in den mittelalterlichen Schulen nicht. Der Beginn der Schulzeit am Gregoriustage wurde mit Spielen (Bischofsspiel) und mit Aufführung geistlicher Comödien gefeiert. Ueberhaupt bietet die mittelalterliche Literatur ein so reiches Material über die Kinderspiele und Kinderfreuden, dass unsere Zeit dagegen arm erscheint. Die Räume für die deutschen Schulen waren ungemein einfach [1]), meist nur mit kleinen rundlichen oder rhomboidalen Scheiben versehen, schwach beleuchtet. In ihnen standen niedrige Bänke ohne Lehne und ohne Tisch. Die Kinder hatten ihre Bücher und Schriften auf den Knieen, ihr Tintenfass an der Seite; so wurde gelesen und geschrieben. In der Regel erhielten die Kinder täglich nur 1 oder 2 Stunden Unterricht.

Etwa zu derselben Zeit, als das Ritterwesen zerfiel, traten als Wiedererwecker hellenischen und römischen, altklassischen Geistes und altklassischer Erziehung die Humanisten auf, welche die Alten zur Grundlage einer neuen Bildung machten, den hohen Werth der körperlichen Ausbildung erkannten und diese mit Wort und That förderten [2]). Zunächst war Italien die Stätte ihrer Wirksamkeit, und die italienischen Humanisten waren in der bezeichneten Richtung thätig. An ihrer Spitze stand als Schüler des Convenevole da Prato, Francesco Petrarca (1304—1374); indessen war sein Interesse weit ab von der eigentlichen Jugendbildung, zum mindesten war der von ihm vorgeschlagene Bildungsgang ein so langer und mühsamer, dass er nur für reichbegüterte Familien in Betracht kommen konnte. Von diesen italienischen Humanisten veröffentlichte Vergerio (1349 bis 1428), Erzieher der Kinder des Fürstengeschlechtes Carrara, Vorschläge über Erziehung, in welchen er hohen Werth auf die körperlichen Uebungen legt. Es wird ausgeführt, dass für Körper und Geist gesorgt werden müsse, damit ersterer dem Willen leicht gehorche; bestimmte Stunden seien für die Körperübungen anzusetzen und Uebungen vorzunehmen, welche die Gesundheit erhalten und die Glieder stärker machen. Die Jugend sei in den verschiedenen Arten des Fechtens, im Schiessen, Reiten, Steinwerfen, Laufen, Springen und Faustkampf zu unterweisen. Auf demselben Wege folgten Guarino von Verona, ein Schüler des berühmten Chrysoloras, Francesco Filelfo, Enea Silvio und insbesondere Francesco Barbaro, Vittorino Rambaldoni und Maffeo Vegio.

[1]) Uffelmann, Handbuch der Hygiene des Kindes. Leipzig 1881. p. 16.
[2]) G. Voigt, Wiederbelebung des klassischen Alterthums. 2 Bde. 1880.

Um die italienischen Höfe, um die republikanischen Aristokratien gruppirten sich die Jünger des klassischen Alterthums. Zuerst trat die Musenrepublik am Hofe der Medici in Florenz hervor, wo vor seinem späteren Aufenthalt in Venedig Francesco Barbaro lebte, der an allen Bestrebungen des Humanismus lebhaften Antheil nahm. Er war es, der die alten Schriften des Plutarch über Kindererziehung übersetzte und damit die erste Grundlage der neuen Pädagogik schuf. Den grossen Höfen am nächsten in literarischem Ruhme kam Mantua, besonders seit dort Vittorino Rambaldoni als Erzieher wirkte [1]). Ueber die Mantuaner herrschte um das Jahr 1425 Giovanni Francesco Gonzaga, ein durch Grossmuth ausgezeichneter Fürst, welcher in Sorge über die Erziehung seiner Kinder war und das Erzieheramt dem ihm empfohlenen Vittorino Rambaldoni übertrug. Er liess für diesen und seine Zöglinge ein Schulhaus errichten, das mit Galerien, Hallen und Spaziergängen, mit Höfen und Springbrunnen ausgestattet war, und das wegen der darin befindlichen, fröhlich spielende Kinder darstellenden Malereien und wohl auch wegen des darin herrschenden heiteren und fröhlichen Spieles der Kinder den Namen „Casa Giocosa“ (Haus für frohe Spiele) führte. Rambaldoni versäumte es nicht, sorgfältig auf die Körper seiner Zöglinge zu achten und sie zu bilden; wenn der zarte Körper einigen Anstrengungen gewachsen war, wurden die Kinder täglich im Reiten, im Speerwerfen, im Ringen und in der guten Führung des Schwertes geübt; er stellte Wettschiessen mit der Armbrust, Wettspiele mit dem Ball und Wettläufe an; sodann liess er sie mit Altersgenossen handgemein werden und Scheinkämpfe aufführen, wie die Kinder beim Kriegsspielen zu thun pflegen, liess sie feste Plätze erstürmen und gewöhnte sie daran, Sonnenglut und Hitze zu ertragen, erlaubte ihnen sogar, alles mit Staub und Lärmen zu erfüllen. Für seine Zöglinge hielt er den Verkehr mit Altersgenossen oder mit Erwachsenen für durchaus nothwendig, da er die Einsamkeit als eine Verlockung zur Sünde für die Kinder hasste [2]). Giovanni di Domenico, Battista degli Alberti, Matteo Palmieri, Maffeo Vegio, sie alle folgten auf dem betretenen Pfade, indem sie gleichzeitig vortreffliche Werke über Kindererziehung aus ihren Händen hervorgehen liessen. Maffeo Vegio handelt in einem grösseren Werke von der Erziehung und dem Unterrichte der Jünglinge und Jungfrauen. Er verlangt für die Knaben nur solche leichtere Uebungen,

---

[1]) Schmidt, Geschichte der Pädagogik, Bd. II, p. 402.
[2]) Mosso, Die körperliche Erziehung der Jugend. Hamburg 1894. p. 4.

durch welche die Kräftigung des Körpers gefördert wird; die gymnastischen Uebungen sollen den Ueberdruss am Studium mindern und Erholung gewähren, auch die Knaben frischer und munterer machen. Die Tagesstunden sind für das Studiren bestimmt und sollen durch Stunden für Gymnastik zur Erholung unterbrochen werden. Für die mehr herangewachsenen Knaben ist Reiten, Bogenschiessen, Ringen, Schleudern u. s. w. passend; Spiele aller Art sind für die Musse gut, wenn sie frei von unsittlichen Scherzen sind. Als Erholung gelten Spaziergänge bis zur Ermüdung, Reiten, Fischen, Jagen u. s. w. Auch die äussere Erscheinung der Knaben und Jünglinge muss überwacht werden; in ihren körperlichen Bewegungen und Gebärden müssen ebenso Plumpheit und Nachlässigkeit wie Geziertheit, Vornehmthuerei und Scheinheiligkeit gerügt und solche Fehler ihnen abgewöhnt werden (Richter)[1]. Der Cremonenser Bartolomeo Sacchi, genannt Platina, spricht bereits von der physiologischen und gesundheitlichen Wirkung der Leibesübungen und nennt als geeignete Uebungen besonders auch Springen, Schiessen, Werfen, Ringen, Jagen u. s. w., und Hieronymus Mercurialis versucht in seinem umfangreichen, inhaltsvollen und für die Jetztzeit noch werthvollen Buche „De arte gymnastica" das Ganze der griechischen Gymnastik wieder zur Geltung zu bringen.

Die von den Humanisten gegebene Anregung wurde weiter verfolgt in Spanien durch Vives, in Frankreich durch Rabelais und Montaigne, in Deutschland durch Luther, Zwingli und Schulmänner wie Camerarius und Comenius. Luther (1483 bis 1546) fordert die körperlichen Uebungen insbesondere für die Jugend mit den Worten: „Es ist von den Alten sehr wohl bedacht und geordnet, dass sich die Leute üben und etwas Ehrliches und Nützliches vorhaben, damit sie nicht in Schwelgen, Unzucht, Fressen, Saufen und Spielen gerathen. Darum gefallen mir diese zwei Uebungen und Kurzweile am allerbesten, nämlich die Musica und Ritterspiel mit Fechten, Ringen u. s. w., unter welchen das erste die Sorge des Herzens und melancholische Gedanken vertreibet, das andere machet feine, geschickte Gliedmassen am Leibe und erhält ihn bei Gesundheit. Die endliche Ursache ist auch, dass man nicht auf Zechen, Unzucht, Spielen und Doppeln (Würfeln) gerathe, wie man jetzt leider siehet an Höfen und in Städten. Also geht es, wenn man solche ehrbaren Uebungen und Ritterspiele verachtet und nach-

---

[1]) Bei Euler, Bd. I.

lässt.“ Zwingli sagt: „Den Leib werden üben und geschickt machen das Laufen, Springen, Steinwerfen, Ringen und Fechten.“ Das Fechten solle man mässig brauchen, da es oft in Ernst ausarte. Vom Schwimmen hält er nicht viel, wie wohl es zuweilen gut sei, wenn man schwimmen könne. Jünglinge und Knaben sollen ein mässiges Leben führen und sich vor üppiger Tracht bewahren. Bezüglich des Schwimmens sehen wir bei Zwingli dieselbe Ansicht wie bei Trotzendorf, der seinen Schülern das Baden im Flusse und das Eislaufen verbot. Camerarius (1500—1574) suchte für die Jugend mehr gefahrlose Uebungen, die nicht zu rauh und hart ohne üble Folgen, nicht zu heftig oder sonst unangemessen seien.

Bereits Baco von Verulam (1561—1626) hatte sich gegen das mechanische Auswendiglernen, bei dem das Verständniss des Gelernten zumeist verabsäumt wurde, gewandt. Die bisherige aus Büchern geschöpfte Gelehrsamkeit war ihm ohne Werth; dagegen forderte er ein Wissen, das sich auf Beobachtung und eigene Erfahrung gründe. Indem er die Begriffe und Gesetze aus der Natur der Dinge schöpfte und durch das Experiment zur objectiven Wahrheit zu gelangen suchte, ist er als Begründer der exacten naturwissenschaftlichen Methode zu bezeichnen, wie er auch der erste der Pädagogen ist, der sein Augenmerk auf eine rationelle Methode für den Schulunterricht richtete.

In den als „Neue“ oder Realisten bezeichneten Männern, welche in rascher Folge in Deutschland als eigentliche Lehrer auftraten und den Unterricht zu reformiren bestrebt waren, waren die Vertreter jener Richtung entstanden, welche, fehlerhaft wohl in vielen Stücken und einseitig, dennoch darin das Rechte vor Augen hatten, dass sie in den Schulen die Tyrannei der alten Scholastik brachen und das junge Kind als einheitlichen, von der Natur physisch und psychisch ausgestatteten Organismus in harmonisch fortschreitender Entwickelung der höchsten Veredelung und den höchsten Zielen entgegenzuführen versuchten.

Nach Ratich (1571—1635) war es J. A. Comenius[1] (1592 bis 1671), der in seinem bedeutendsten Werke, der Didactica magna, die Unterweisung der gesammten Jugend beiderlei Geschlechts in allen Orten fordert. Vier Stunden täglich sollen dem öffentlichen Unterricht zugetheilt werden, und zwar so, dass ein einziger Lehrer für hundert zu gleicher Zeit zu Unterrichtende hinreicht.

---

[1]) Seyffarth, Johann Amos Comenius. Leipzig 1884.

Comenius giebt in dem genannten Buche u. a. die den Vorgängen in der Natur nachgebildeten Grundsätze der Lebensverlängerung, um alles Nothwendige zu lernen, der Geisteserschliessung, um leicht zu lernen, der Urtheilsschärfung, um gründlich zu lernen. Er setzt für die verschiedenen Altersstufen auch verschiedene Schularten fest, in denen aber nicht etwa verschiedene Wissensgebiete gelehrt werden sollen, sondern wo in concentrischen Kreisen das gesammte Wissen zur Aneignung gebracht werden soll. Für die erste Stufe bis zum 6. Lebensjahre bestimmt er die Mutterschule (Elternhaus), bis zum 12. Jahre die Volksschule (in jedem Dorfe), bis zum 18. Jahre die lateinische Schule (in jeder grösseren Stadt) und bis zum 24. Jahre die Akademie (in jedem Lande). Ein besonderes Gewicht legt Comenius auf die leibliche Erziehung. In dem „Informatorium der Mutterschule" spricht er von der Gesundheit als der nothwendigen Grundlage für die geistige Bildung und legt es der Mutter an das Herz, für richtige Ernährung, Kleidung, Bewegung der Jugend zu sorgen. Er fordert, dass die Kinder täglich ihre Bewegung haben, dass man ihnen gewisse und sichere Orte zum Laufen und Ueben verschaffen solle, und dass man ihnen zeige, wie sie sich ohne Schaden üben können. Die besonders von ihm geforderten Spiele sollen sowohl der Erholung des Geistes wie auch zur Uebung und Stärkung des Leibes dienen. Indem er zum ersten Male einen vollständigen Plan schulmässiger Leibesübungen entwarf und ausführte, ist er als der eigentliche Vater des Schulturnunterrichts anzusehen. Er forderte bereits luftige Schulräume, in denen sich die Jugend gern aufhalte, und wünschte, dass jedes Kind die wichtigsten Handwerke durch eigene Arbeit kennen lerne (Handfertigkeit).

Dann kam der dreissigjährige Krieg mit seinen Verwüstungen und der ihnen folgenden Verödung und Verarmung des Landes; er vernichtete reiche Blüthen der Cultur und drängte den Aufschwung, namentlich auch auf dem Gebiete des Schulwesens, für lange Zeit zurück.

Aus dem Jahre 1649 haben wir die erste eingehendere Beschreibung eines Schulhauses, nämlich des „Teutschen Schul-Gebäw" von Joseph Furttenbach dem Jüngeren[1]). Das Schulzimmer war 48 Schuh lang, 48 Schuh breit und 10½ Schuh hoch. Um den von den Schülern herrührenden „Athem oder Dampff", der sich

---

[1]) Hinträger, Ein deutsches Schulhaus vor 250 Jahren. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege. 1888. Bd. I, p. 142.

an der Decke sammelte, abzuführen, befanden sich hier eigene Luftöffnungen in Gestalt drehbarer Fensterflügel. Die Beleuchtung erfolgte von den beiden Längswänden her. Zur Heizung war ein grosser Kachelofen vorhanden, der von einer eigenen Heizkammer aus mit Holz geheizt wurde. Die Subsellien standen an den Fensterwänden mit der Stirnseite gegen dieselben, jederseits von je 18 Schuh Länge, 3½ Schuh Breite und 2½ Schuh Höhe; sie waren schwarz angestrichen und durch rothe Linien in 16 Plätze eingetheilt. Unter den Tischbrettern waren Behälter zur Aufnahme der Hefte und Bücher. Die Bänke waren 1½ Schuh breit und ohne Rückenlehne; zwischen je zwei derselben blieb ein 3 Schuh breiter Gang. In dem Zimmer befanden sich noch ausserdem ein Podium mit dem Tisch für den Lehrer und mit der Wandtafel, sowie ein Schrank für die Lehrmittel. Furttenbach erwähnt auch, dass einzelne scharfsinnige Schulmeister ihre zum Theil schon erwachsenen Knaben zu Feiertagszeiten ins Feld hinausgeführt haben, damit sie ihre in den Schulstuben erlernte Arithmetik praktisch anwenden konnten.

Hinzuweisen ist auch auf den Engländer John Milton (1608 bis 1674), der, zwar nur die Kinder höherer Stände berücksichtigend, den Tag seiner Schüler in drei Abschnitte theilt, in die Studien, in die Mahlzeiten und in die Leibesübungen, und der für letztere ganz besonders eintritt, weil sie die jungen Leute gesund, gewandt und bei guter Brust erhalten, sie gross und schlank machen u. s. w.

Ihm schliesst sich in vielem an John Locke (1632—1704). Seine Pädagogik beginnt und endet mit dem Wahrspruch: Mens sana in corpore sano. Seine Vorschriften über Erhaltung und Beförderung der Gesundheit sind durchaus verständig und beherzigenswerth. Die Kinder sollen nicht zu warm gekleidet sein, selbst nicht im Winter. Kalte Waschungen des Körpers, Schwimmen, Bewegung im Freien, einfachste Diät, insbesondere Milchnahrung. Darreichung von Obst und Vermeidung aller aufregenden Getränke. 8 Stunden Schlaf. Sorge für regelmässige Verdauung u. dergl. mehr. Alles dies wird vorgetragen im Zusammenhange mit eigentlichen Erziehungslehren, voran mit dem Grundsatze, dass der Körper stark erhalten werde, um ihn fähig zu machen, der Seele zu dienen.

Ein in der Geschichte der Schulhygiene bisher kaum erwähnter Pädagoge, A. H. Francke (1663—1727), der bekannte Gründer der Halle'schen Stiftungen, verdient besonders hervorgehoben zu werden, weil er der erste ist, der beim Schulhausbau die wichtigsten Grundsätze der Hygiene beachtet hat. Gleich bei der Anlage des

ersten Gebäudes, des Waisenhauses, dessen Bau 1698 angefangen wurde, liess er sich nur von der Absicht leiten, es so gut herzustellen, wie es für seine Zwecke nothwendig und unter Berücksichtigung der verfügbaren Mittel möglich war. Auf einer grünen Anhöhe errichtet, hat das Haus an der Vorderfront und an den Giebelseiten Mauern von beträchtlicher Stärke „aus ungeschickten, rauhen Steinen eines gesprengten Felsens", und nur um der ebenen Flächen willen sind an den äusseren Seiten dieser Wände „einige schlechte Sandsteine und Ziegel mit angebracht". Die Wand nach dem Hofe zu besteht aus Fachwerk, das mit geringen Sandsteinen ausgemauert ist. Die inneren Wände sind „von Holz und Lehm gemacht". Obwohl alle Verzierung und Ausschmückung des Hauses vermieden ist, so „hat es dennoch ein feines Aussehen bekommen, weil eine ziemlich gute Ordnung und Symmetrie dabei beobachtet worden ist, weil die Stockwerke von guter Höhe sind, weil die Fenster der Höhe der Stockwerke proportional angelegt wurden und weil es auch eine breite steinerne Treppe nach der Strasse zu hat". Nicht etwa ist dies Alles aus Luxus geschehen, sondern „solche Stücke hat entweder die Gelegenheit des Ortes oder die Gesundheit oder die Beschaffenheit des ganzen Werkes, so in diesem Hause geführt werden soll, nothwendig erfordert". Was die Höhe der Gemächer anbetrifft, so ist solche nur „der Gesundheit wegen mit gutem Bedacht erwählt worden, nachdem die Erfahrung bisher gelehrt, dass in den niedrigen Stuben die Kinder krank und ungesund werden, welches man bei Anlegung eines neuen Gebäudes gern hat verhüten wollen". „Die Fenster hat der Baumeister den hohen Gemächern proportionirt anlegen müssen, wofern er nicht gar zu grob wider die Regeln der Baukunst hat handeln wollen, wie wohl auch das reichliche Licht, so dadurch hineinfällt, sowohl in Schulen als Arbeitsstuben gar nützlich ist." In den grossen Gemächern sind „um der Unterzüge willen" Säulen aus Kiefernholz gesetzt. Die Decken sind von Holz und Lehm, die Fussboden in den Zimmern von Brettern, in den Fluren von Ziegelsteinen. „Die Kamine, so in einigen grossen Gemächern zur Abziehung der Luft, um der Gesundheit willen, gemacht sind, präsentiren sich nicht anders als ein Loch in der Mauer." An der dem Schulhofe zugekehrten Seite des Gebäudes war ein längs der Wände hinlaufender Gang hergerichtet, dessen Dach auf Säulen ruhte. „Unter diesem Gange konnte man vom Hauptgebäude im Trockenen zu den Zimmern der Seitengebäude kommen; auch war er insonderheit den vor

dem Speisesaale sich versammelnden Studenten, wie auch den Schülern, die täglich zweimal zwischen den Lernstunden in den Schülerhof, um sich zu erholen, geführt wurden, dazu dienlich, dass sie sich darunter verbergen konnten, wenn es regnete und schneite." 1706 wurde eine besondere Wasserleitung angelegt, die von einer Quelle gespeist wurde und ein gesundes Trinkwasser lieferte. Das Schmutzwasser aus den Anstalts- und Wirthschaftsgebäuden wurde durch einen Canal nach dem Stadtgraben geführt. In den Jahren 1734—37 wurden an Stelle der ungeeigneten Abtritte andere zweckmässiger eingerichtete Abtrittsgebäude erbaut. Dieselben waren durch einen breiten Hof von den Gebäuden getrennt und mündeten offen nach dem Stadtgraben zu, so dass die Luft freien Zutritt hatte. — Alle diese Einrichtungen und noch andere, auf welche hier einzugehen zu weit führen würde, haben neben der hohen Lage der Anstaltsgebäude wesentlich dazu beigetragen, dass der Gesundheitszustand der zahlreichen Bewohner stets ein ausgezeichneter gewesen ist, und dass die Stiftungen selbst bei den äusserst heftigen Choleraepidemien in Halle von diesen verschont blieben [1]). Auch specielle Vorschriften über die Hygiene des Unterrichts finden wir bereits bei Francke, so über den Druck der Bücher, über das Schreiben, über den Gesang u. s. w.

Gleiche Vorschläge sind in der in derselben Zeit (1737) vom Rector Buttstedt zu Osterode verfassten „Schulordnung für die Churfürstlich Braunschweig-Lüneburgischen Lande" enthalten. „Ungesund und schädlich," so heisst es hier, „ist z. B. die Beugung des Rückgrates im Sitzen, wodurch das Eingeweide gepresset und zu allerhand Beschwerlichkeiten, die man nacher dem Studieren zuschreibet, Gelegenheit gegeben wird; item, wenn man im Schreiben das Gesicht zu nahe auf das Papier leget, daher auch das unter den sog. Gelehrten so gar gewöhnliche Gebrechen eines blöden Gesichts entstehet."

Jean Jacques Rousseau (1712—1778) verlangte in seinem Erziehungsroman „Emil" (1762) ganz neue Principien des Jugendunterrichts und trat besonders für die physische Ausbildung ein. Der Leib soll Kraft haben, der Seele zu gehorchen. Ein kraftloser Körper schwächt auch den Geist. Die Knaben sowohl als die Mädchen sollen springen, laufen, schreien dürfen, wenn sie Lust haben. Alle ihre Bewegungen sind Bedürfnisse ihrer körperlichen

[1]) Nach Francke's eigener Beschreibung seiner Anstalten.



Natur, die sich zu kräftigen sucht. Lesen soll das Kind erst vom 12. Lebensjahre ab u. s. w. Rousseau ist von grossem Einfluss auf die physische Erziehung seiner Zeit gewesen, besonders auch für Deutschland. Seine Bemühungen vereinigten sich mit dem hier in gleicher Richtung seit einiger Zeit vorhandenen Streben, das namentlich in den Philanthropen seinen Mittelpunkt fand.

Der Philanthropinismus, dessen bedeutendste Vertreter Johann Bernhard Basedow (1723—1790) und Christian Gotthilf Salzmann (1744—1811) sind, will alle Anlagen des Menschen zu voller und freier Entfaltung bringen, so dass die Menschen zu einem gemeinnützigen, patriotischen und glückseligen Leben erzogen werden. Leib und Seele müssen mit gleicher Sorgfalt behandelt werden; denn „ein gesunder, fester, starker, gelenksamer und gegen die äusseren Eindrücke verwahrter Körper ist die Grundlage der irdischen Glückseligkeit; von ihr hängt die Heiterkeit des Geistes, der Genuss aller Güter und der Freude des Lebens und die Abwartung aller unserer Geschäfte ab“. Ueberall erstrebt diese Erziehungsrichtung Einfachheit und Naturgemässheit, so in Kleidung, in der Ernährung, in den Sitten, im Unterricht u. s. w. An kaltes Waschen, kaltes Schlafen auf einfachem Lager, unter leichter Bettdecke, frühzeitiges Aufstehen mussten sich die Zöglinge der Philanthropine gewöhnen. Die Kleidung bestand aus bequemen Jacken, weiten Beinkleidern; der Hals blieb frei, der Hemdkragen war zurückgeschlagen, Kopfbedeckung wurde nur selten getragen; Ueberrock oder Mantel gab es nicht. Die Zöglinge bewegten sich bei jeder Witterung mehrere Stunden des Tages im Freien. Dieser Aufenthalt wurde im Sommer zum Turnen und Baden, zu Gartenarbeiten und zum Spazierengehen, zu Spielen und Uebungen mannigfacher Art benutzt, während im Winter Schlittschuh gelaufen, mit Schnee geworfen oder auf kleinen Schlitten gefahren wurde; dazu kamen dann noch längere Fusswanderungen und verschiedene Fertigkeiten in einzelnen Handwerken. In den Philanthropinen haben wir endlich auch die Anfänge der schulgemässen Ausbildung des Uebungsstoffes im Turnen und der organischen Verbindung von Schule und Leibesübung zu suchen (Richter). Insbesondere wirkt in dieser Richtung Guts Muths an Salzmann's Anstalt in Schnepfenthal; er führt drei Gattungen pädagogischer Leibesübungen an, die eigentlichen gymnastischen Uebungen, die Handarbeiten und die Jugendspiele; zu ersteren zählt er Springen, Laufen, Steinwerfen, Ringen, Klettern, Balancirübungen, Heben und Tragen von Lasten, Tanzen, Gehen

und militärische Uebungen. Unter dem Einflusse der schöpferischen Thätigkeit, welche Guts Muths in Schnepfenthal ausübte, fand die gymnastische Ausbildung nicht allein Eingang in die Privaterziehung, sondern auch die Schulen schenkten derselben mehr und mehr Beachtung, so zunächst namentlich in Mähren, Schleswig, Baden, Bayern, Preussen, Dänemark u. s. w. (Schröer)[1]).

Die Schulordnungen des 16. bis 18. Jahrhunderts[2]) bieten eine grosse Zahl von Vorschriften, welche die verschiedensten Punkte der Schulhygiene zu regeln suchen: Die Schulzimmer waren theils von den Schulhaltern gemiethet, theils waren sie diesen seitens der Communen zur Verfügung gestellt. Für den ersteren Fall bestimmt eine Verordnung des Dorfes Laufen (1675): Den Schulmeistern wird obliegen, ein taugliches Zimmer zu halten; dasselbe sei frei von „tampf- oder feuchtigkeit". Für letzteren Fall heisst es: Ein Schulmeister soll das innehabende Schulhaus in gebührender Sauberkeit halten und vor Allem auf Feuersgefahr Acht haben. Brümmer[3]) berichtet nach alten Acten über die Schule von Nauen: Nach dem Brande 1695 wurde das neue Schulhaus erbaut, ein zweistöckiges Gebäude, das im ersten Stockwerk Wohnungen für die Lehrer enthielt, während das Erdgeschoss durch eine Wand aus Fachwerk in zwei grosse Schulklassen getheilt war. Auf der Grenzscheide beider Räume stand ein mächtiger Ofen. Nachdem der Bau beendet war, ergab sich die Nothwendigkeit, für die grosse Zahl der Schüler ein drittes Klassenzimmer einzurichten; man theilte 1699 eine der beiden vorhandenen Schulklassen durch eine Bretterwand in zwei Räume, und im Jahre 1723 verfuhr man für die Herstellung einer erforderlichen vierten Klasse ebenso mit dem zweiten Klassenzimmer. Diese Trennungswände reichten entweder nicht ganz bis zur Decke des Schulzimmers oder hatten eine grosse Oeffnung, die niemals geschlossen wurde. Alle vier Klassen sollten durch einen einzigen Ofen erwärmt werden, was unmöglich gewesen wäre, wenn die Bretterwände eine dichte Abschliessung bewirkt hätten; es wäre dann auch die Mahnung überflüssig gewesen, „dass jeder Lehrer es in seiner Klasse fein stille und ruhig zu halten habe,

[1]) Bei Euler, Bd. II.

[2]) Mittheilungen der Gesellschaft für deutsche Erziehungs- und Schulgeschichte. Jahrg. I—VI 1890—96. Berlin.

Koldewey, Braunschweigische Schulordnungen. Aus: Monumenta Germaniae Paedagogica, Bd. I u. VIII. Berlin.

[3]) Brümmer, Zur Schulgeschichte der Stadt Nauen. Mittheilungen etc. IV, 1894, p. 33.

damit die benachbarte Klasse nicht durch allzulautes Dociren oder gar durch unanständigen Schwarm der Kinder turbiret werde". In den beiden Klassen, zwischen welchen der Ofen stand, schwitzte man, während man in den beiden anderen, die ihn nicht hatten, Frost litt. Sämmtliche Klassen waren mit Steinen gepflastert. Erst 1799 wurden die Bretterwände entfernt und durch solche von Fachwerk ersetzt; auch ein zweiter Ofen wurde aufgestellt und der Fussboden gedielt. — In Zürich wurde 1569 das erste wirkliche Schulgebäude für die Lateinschule erbaut; die Fenster brachten das Licht von vorn und rechts. Die Bänke waren niedrig, ohne Lehne, die Tische breit, mit horizontaler Platte. Niedrige kleine Kalköfen dienten zur Heizung. — In Wildenhausen (Oldenburg) befand sich im Jahre 1699 die Schule in schrecklich verwüstetem Zustande; der Ofen war zertrümmert, keine Fensterscheibe ganz, der Fussboden ungedielt; es fehlten die Tische, so dass die 60 Schulkinder knieend auf den Bänken schreiben und rechnen mussten, in Sorge, dass ein plötzlicher Windstoss ihnen ihre Papiere und Hefte entführe. — Lehrer Henning in Rosslau schreibt: „Den vergangenen kalten Winter Anno 1657 von Martini bis Ostern habe ich ganz allein mit meinen selbsteigenen Händen 24 Fuder Holz anschaffen müssen, wenn ich nicht habe erfrieren wollen sammt den wenigen Kindern in der Schule. Wenn ich habe einen Tag oder drei zugebracht mit Holzanschaffen, ist wieder acht Tage Schule gehalten worden; dann ist das Holz wieder alle worden und habe alsdann wieder ausgemusst." — Häufig waren auch zwei Lehrer in einem Zimmer zu gleicher Zeit thätig. So wird aus Laucha (1574) berichtet: „Obwohl die Schuldiener (Lehrer) vorgewendet, dass sie ihre Operas scholasticas in der Schule beide zugleich nicht verrichten konnten, so ist ihnen doch solches hinfüro auferlegt, auch ein Ort ausersehen, wo man noch eine Stube hinbauen wird." — Nach der Laufener Schulordnung von 1675 soll die Luft des Schulzimmers „zu geniessen sein"; das Zimmer muss alltäglich ausgekehrt, auch sonst was von nöthen, gesäubert werden; öfter, sonderlich aber zur Zeit, wo man heizt, ist mit Wacholder oder anderem Rauch zu räuchern. Die Salzburger Schulordnung von 1755 bestimmt: „Zumalen die Saubrigkeit der Zimmer zur Erhaltung der Gesundheit sehr anständig, so sollen die Schulhalter alle Sorgfalt anwenden, dass die Schulzimmer sauber und rein gehalten, öfters geputzt und mit Kranabet-Rauch jedesmahlen geräuchert werden." — Das Schulgesetz der Lateinschule zu Mansfeld um das Jahr 1580 fordert,

dass die Klassenvorsteher an jedem Mittwoch und Samstag die Schulzimmer zu kehren haben. — Traurig war es mit den Sitzeinrichtungen bestellt. In einem Visitationsbericht von 1650 über die Schule zu Gandersheim wird bemerkt, dass für die Schule Bänke zu beschaffen seien, da in der prima Klasse gar wenig Bänke sind und die meisten Kinder auf ihren Büchern sitzen müssen. — Das Rdo. Secret (Abort) ist sauber zu halten, und nicht mehr als einem Kinde ist Licenz dahin zu ertheilen (Laufen 1675).

Das Alter, in welchem die Kinder in die Schule aufgenommen wurden, zeigt bedeutende Verschiedenheiten. In die Rathsschule zu Stargard i. P. wurden 1605 die Kinder mit dem 6. Lebensjahre aufgenommen. In Nauen wurde 1723 bestimmt, dass Kinder unter 4 Jahren gewöhnlich nicht aufgenommen werden sollen, weil sie selbst noch nichts zu fassen vermögen und in den Schulen weiter nichts thun, als dass sie Lehrer und Schüler stören. Der Schulhalter Mehder (Leipzig 1741) hatte in seiner Schule meistens Kinder von 3 Jahren, welche die Eltern nur deshalb zu ihm schickten, „dass sie sollten sitzen lernen und nicht herumlaufen". Nach der Herzoglich Braunschweigisch-Wolffenbüttelischen Schulordnung vom 22. September 1753 sollten die Kinder vom 4. Jahre an in die Schule geschickt werden; nach der Fürstlich Fuldaischen Verordnung von 1775 vom 5. Jahre an. In der Baden-Durlachischen Verordnung von 1774 wurde als das schulpflichtige Alter das 6. Jahr festgesetzt. Die Würzburgische Universitätsordnung von 1743 will, dass die Knaben in die sog. lateinische Schule nicht geschickt werden sollen, „bis sie 8 Jahre vollendet haben oder wenigstens an deren nahen Schluss stehen". Trotz dieser Bestimmungen war der Schulbesuch doch nur äusserst mangelhaft, wie dies auch aus einem Bericht des Pfarrers in Steckby (Anhalt) von 1657 hervorgeht, wo es heisst: Dass die Schule an unserem Orte nicht in Aufnahme kommen kann, hat seine Ursache theils in der Religion (der lutherischen, die eingeführt war), der sie nicht beigethan sind, theils in der grossen Arbeit, damit der Landmann beschwert ist. Denn da muss ein Kind das andere verwahren, ein anderes muss bei Sommertagen das Vieh hüten, suchen oder nachtreiben, ein anderes, das ein wenig fort kann, muss pflügen.... Ueberdies kommt dazu die grosse Armuth, dass mancher bei Wintertagen den Kindern nicht ein Paar Schuhzeuge, auch wohl nicht ein Büchlein bezahlen kann. So fehlet es auch daran, dass diejenigen Kinder, so zur Schule geschickt werden, nicht continuirlich nacheinander hineinkommen, da dann öfters viel Zeit hingeht, ehe das-

jenige wieder nachgeholt wird, was sie daheim vergessen haben und muss nachmals heissen: die Kinder sind so viele Jahre zur Schule gegangen und haben doch nichts gelernt.

„Die Zeit der Schul ist Vormittag von 7—10 und Nachmittag von 12—3 genau zu halten" (Laufen 1675). „Von Ostern bis Allerheiligenfest sollen die Kinder an den Schultagen um ³/₄7 in der Schule sich einfinden, von dem Schulhalter selbst zur Messe und nach derselben Vollendung in die Schule zurückgeführt werden und sodann der Schule Anfang gemacht werden. Zur Winterszeit ist den kleinen Kindern ein so frühzeitiges Messehören nachzusehen" (Salzburg 1755). „Die Schulkinder haben alle Sonn- und Feiertag zu bestimmter Zeit und Stund vor anfangendem Gottesdienst in der Schul sich zu versammeln, von wo sie nach der Kirche geführt werden. Am Nachmittage geschieht dies ebenso, um die Kinder zur Christen- und Kinderlehre zu führen" (Tamsweg 1683). In Salzburg dauerte 1755 der Nachmittagsunterricht „bis halbe 4 Uhr". Mittwoch und Sonnabend war nur am Vormittage Unterricht (Adelsheim 1706, Nauen 1723). 1810 wurde in Nauen bestimmt, dass der Unterricht Vormittags im Sommer um 7, im Winter um 8 und Nachmittags stets um 1 Uhr beginne. Im Philanthropin zu Dessau war 1778 nach jeder Stunde eine Pause von 10 Minuten.

Bezüglich der Ferien bestimmte die Schulordnung des Gymnasiums zu Nordhausen von 1583 Folgendes: Ob man wohl den Praeceptoribus gerne gönnet, dass sie bisweilen Ruhe haben und Remissiones, muss doch solches auch seine Masse haben, damit die Knaben nicht verwöhnet oder zu sehr versäumet werden. Demnach sollen alle anderen Ferien, die ihnen die Collegae gemacht, gänzlich abgeschnitten sein, ohne allein folgende, welche ihnen sollen vergönnet werden, nämlich:

1. Alle Sonn- und Freiabend Nachmittag.

2. Alle Mittwoch Nachmittag, es wäre denn, dass die Collegae zur Hochzeit den Montag oder Dienstag gangen und nicht Schul Nachmittag gehalten hätten, so sollen sie es am Mittwoch wieder einbringen.

3. Alle Jahr den Tag, wann sie Gregoriam celebriren, ohne dass sie Vormittag zur Kirche kommen sollen.

4. Alle Jahrmarkt 4 Tage.

5. In den Caniculatibus oder Erntezeit alle Tage 1 Stunde von zwei bis zu dreien.

6. Im Sommer 3 Tage, an welchen die Schüler pflegen ins Grüne mit dem Praeceptoribus und in die Maien zu gehen.

7. In Fastnacht 3 Tage, nicht um Fastnacht willen, sondern wegen der Comödien, die man jährlich soll unter den Knaben anrichten und auf diese Zeit öffentlich spielen.

In Laufen wurde 1675 bestimmt, dass zweimal im Jahre, nämlich zu Ostern und Weihnachten, der „bisherigen Gewohnheit nach" die Schulen auf 8 Tage eingestellt werden. In Nauen gab es 1723 noch andere schulfreie Zeiten, nämlich „bei der dreimaligen Recordation (Schülerumzüge, die 7 Tage dauerten), als auf Michaelis, Martini und Neujahr, so lange sie währt, und den Tag hernach. Doch soll man mit dem Recordiren möglichst eilen und nicht allzuviele Tage damit zubringen".

Die Trennung der Geschlechter wurde streng durchgeführt. In Bingen war eine Privatschule eröffnet, in welche der Lehrer Knaben und Mädchen zugleich aufnahm. Der Rath erklärte 1556, es gebühre sich der Zucht wegen nicht, Knaben und Mägdlein zugleich zu lehren. Dem Lehrer wurde angedeutet, „dass er sich der Jungen zu lernen hinfüro enthalte". In den Schulen sollen die Knaben und die Mägdlein an abgesonderten Tafeln sitzen (Laufen 1675); die Würzburgische Kirchenordnung von 1693 bestimmte sogar, dass die Knaben von dem Schulmeister, die Mägdlein von der Schulmeisterin unterwiesen werden sollten.

Die Schulbücher waren theils gedruckt, theils von den Lehrern geschrieben. Die Schüler benutzten zum Schreiben mit Wachs überzogene Tafeln. Papier war noch zu theuer. Nach bestandenen Prüfungen wurde zur Belohnung „ezliche Buch Papier den Schülern ausgetheilet" (Laucha 1618, Königslutter 1650).

Spiele und körperliche Uebungen, die wir heutzutage von unseren Kindern gern gepflegt sehen, waren damals streng untersagt. Verboten wurden der Jugend „das Gassenlaufen, übermässige Spielen, alle Buberei und Unzucht, wie auch das in offenen Wässern unverschämte Entblössen abgestellt werden muss". „Das Schwimmen und Baden in kaltem Wasser, im Winter das Werfen mit Schneeballen und jenes unnatürliche, geradezu närrische Hin- und Herlaufen auf Eisflächen ist verboten" (Mansfeld 1580).

Die Kinder sollen Angesicht, Hände und Kopf durch tägliches Waschen, die Haare durch Kämmen und andere häusliche Aufsicht der Eltern säuberlich und auch die Kleider vom Ungeziefer rein erhalten (Tamsweg 1683).

Auch zur Bekämpfung der ansteckenden Krankheiten geschah schon Einzelnes. In Lüneburg wurde wegen der Pest ums Jahr 1580

der Unterricht eine Zeit lang eingestellt; ebenso in Paderborn 1676 wegen epidemischer Dysenterie. Die Schulgesetze der Ritterakademie zu Wolffenbüttel von 1688 bestimmten: „Wenn Jemand mit ansteckender Seuche behaftet, soll er bis zur völligen Besserung in die Stadt ziehen, woselbsten ihm dann ohne seine Kosten bequem Logiment und Verpflegung, wie er's in der Akademie hat, geschaffet werden soll."

Die Strafen waren überaus streng; doch zeigt sich im Laufe der Zeit eine allmähliche Milderung in dieser Beziehung. „Wenn eins oder das andere Kind in Aufsagen, Schreiben oder Rechnen fehlet oder aber gar nichts kann, sollen sie in Obacht nehmen, ob solches aus Hörtigkeit des Kopfes und Verstandes oder aus Faul- und Hinlässigkeit herkomme. Jenen möge in der Strafe etwas nachgegeben werden, diese sollen desto mehr gezüchtigt werden" (Laufen 1675). „Wenn Jemand aus Versehen sündigen und seine Fehler erkennen, bereuen und Besserung versprechen würde, kann ihnen die Strafe vor das Mahl erlassen, das Verbrechen hart verwiesen oder nach Befindung mit Handstreichen, Entziehung des Frühstücks, Lernung einer Lection, wenn andere Urlaub haben, oder dergleichen gelinde Strafe angesehen werden. Wer aber aus Frevel und Bosheit muthwillig sündigt oder des Ueberschreitens gar zu viel macht, der soll mit der Ruthe castigiret oder mit Anschliessung des Halseisens oder Schulklotzes gestraft werden" (Braunschweig 1660). „Wer auch nur ein klein wenig zu spät kommt, nachdem der Unterricht schon begonnen hat, soll auf dem Boden sitzen" (Mansfeld 1581). Diesen bedenklichen und strengen Schulstrafen traten die Schulordnungen streng entgegen. „Der Lehrer wolle die Jugend ohne rauhes und ungebührliches Kopf- oder ungewöhnliches und ungebräuchliches Maultaschen und Stoss, sondern mit rechtmässiger gebräuchlicher Ruthe sanftmüthig und nach dem Gebrechen regieren und abstrafen" (Scheer 1664). „Die Schulhalter sollen sich des Schlagens zum Kopf, in den Rücken und des Haarraufens, wie nicht weniger aller Schelt- und Schmachworte enthalten und für die Abstrafung der Jugend, falls keine andere Correction verhilflich, die Ruthen mit Bescheidenheit, jedoch an einem von dem Schulzimmer abgesonderten Orte, gebrauchen" (Salzburg 1755).

Schon von der Mitte des vorigen Jahrhunderts an verlauten Klagen über das lange Sitzen der Kinder in der Schule und über die dadurch hervorgerufenen Schädigungen der Gesundheit. Goethe nennt die gelehrten Jünglinge seiner Zeit kurzsichtig, blass, mit ein-

gefallener Brust, jung ohne Jugend. Von gesunden Sinnen und Freude am Sinnlichen ist bei ihnen keine Spur; Jugendgefühl und Jugendlust sind bei ihnen ausgetrieben, und zwar unwiederbringlich; denn wenn einer in seinem 20. Jahre nicht jung ist, wie soll er es in seinem 40. sein?

Der grosse Einfluss, den Johann Heinrich Pestalozzi (1746—1827) auf Unterricht und Erziehung gehabt hat, äussert sich vornehmlich nach der methodischen Seite des Schulunterrichts hin und in Bezug auf die Familienerziehung. Anschauung ist das absolute Fundament aller Erkenntniss; das Kind muss zur Selbstthätigkeit erzogen werden; die Mutter muss so vorgebildet sein, dass sie ihre Kinder in rechter Weise erziehen und bilden kann: das sind die wichtigsten seiner Erziehungsgrundsätze. Als Lehrer der Aermsten unter den Armen, dem kaum jemals ein ordentliches Schulzimmer zur Verfügung stand, hatte er wenig Sinn für die hygienischen Verhältnisse des Unterrichts; aber seine Thätigkeit hat den Anstoss zur Gründung von Anstalten für die in körperlicher, geistiger und sittlicher Beziehung nicht normalen bezw. gefährdeten Kinder gegeben, für die Einrichtung von Blinden-, Taubstummen-, Besserungs-, Rettungsanstalten, Waisenhäuser, Handarbeitsschulen u. s. w. — Es war gegen Ende des 18. Jahrhunderts, dass auch die Aerzte, darunter Albrecht v. Haller, energisch in den Erziehungsfragen Stellung nahmen.

Eine eigentliche Schulhygiene wurde indes erst geschaffen durch Johann Peter Frank (1745—1821) mit seinem Werke: „System einer vollständigen medicinischen Polizey“ (1780). Die dritte Abtheilung des zweiten Bandes dieses klassischen Buches beschäftigt sich nur mit der Jugenderziehung, und die darin niedergelegten Lehren sind so für alle Zeiten mustergültig, dass wir jetzt noch vollkommen auf dem Boden derselben stehen. Frank's Werk giebt zugleich durch Berufung auf eine grosse Anzahl von Schulverordnungen den Fingerzeig, dass sich die Behörden schon damals mit der Gesundheitspflege in der Schule beschäftigten. Der erste Abschnitt der genannten Abtheilung handelt von dem Nachtheile einer zu frühen und ernsten Anspannung der jugendlichen Seelen- und Leibeskräfte, der zweite von der Hygiene des Schulhauses, des Schulzimmers und des Unterrichts, der dritte von der „Wiederherstellung der Gymnastik und derselben Vortheilen bei der öffentlichen Erziehung“.

Und doch blieb es trotz aller dieser vortrefflichen Arbeiten viel-

fach bei beklagenswerthen Zuständen in der Erziehung. Erst die sittliche Erhebung unseres Volkes brachte eine bessere Fürsorge für die Erziehung unserer Kinder. Fichte empfahl in seinen „Reden an die deutsche Nation“ die Pestalozzische Unterrichtsmethode; A. H. Niemeyer, der Kanzler der Universität Halle, fordert in den „Grundsätzen der Erziehung und des Unterrichts“ die Einheit und Harmonie in der Ausbildung aller Anlagen und Fähigkeiten und legt deshalb auf die Gesundheit und Leibesübungen Werth; Friedrich Fröbel schuf in dem „Kindergarten“ eine Einrichtung für eine bessere Erziehung im vorschulpflichtigen Alter; Jahn, Friesen, Eiselen u. A. wollten durch Turnen und Turnspiele das Volk wehrhaft machen u. s. w. Zwar waren die gymnastischen Uebungen bereits durch die Philanthropen in ihre Anstalten eingeführt und pädagogisch ausgebildet worden, aber es war doch noch viel zu thun, um der gesammten Jugend unseres Volkes die Segnungen regelmässig betriebener Körperübungen zu Theil werden zu lassen; denn nur eine kleine Zahl von Kindern des besser situirten Bürgerthums befand sich in den philanthropinischen Anstalten; die übrigen Gelehrtenschulen beachteten wenig die körperliche Ausbildung ihrer Schüler, und auch die Volksschulen mit der Jugend aus der grossen Masse des Volkes kümmerte sich nicht um die Leibesübungen. Erst als Friedrich Ludwig Jahn, der Vater der deutschen Turnerei, in edlem Eifer zur Zeit der höchsten Noth unseres Vaterlandes die körperlichen Uebungen zum Gemeingut unseres Volkes machte, da erkannte auch die Schule die hohe erziehliche Bedeutung des Turnens. Währte es auch noch manches Jahrzehnt, ehe die allgemeine Einführung dieser Uebungen in alle unsere Schulen erfolgte, so war doch der Same, den Jahn und seine Freunde ausgestreut hatten, ein so lebendiger, dass er alle Hemmnisse überwand.

Die ersten Jahrzehnte nach den Freiheitskriegen waren indes für die weitere Entwickelung dieser neuen Ideen auf dem Gebiete der Erziehung keineswegs günstig. Unter dem Einfluss reactionärer Strömungen, die jeden freien Gedanken, jede freie Volksregung und mit ihr in seltsamer Verkennung der nationalen Lebensbedingungen auch die körperliche Entwickelung hemmten, litten auch die turnerischen Bestrebungen; es musste erst wieder ein Rufer im Streit erscheinen, der die Gemüther aus ihrer Ruhe aufrüttelte, und jetzt war es wiederum ein Arzt, der in die Verhältnisse eingriff. Lorinser, der 1836 durch seinen viel besprochenen und viel getadelten Aufsatz „Zum Schutz der Gesundheit in den Schulen“ auf die Mängel

der Schuleinrichtungen in physischer Beziehung hinwies, hatte sich die Aufgabe gestellt, „die Ausbildung des jugendlichen Geistes und Körpers, wie sie gegenwärtig in den meisten deutschen Gymnasien betrieben wird, vom Standpunkte der Medicin zu betrachten“. Die Schüler schildert er mit folgenden Worten: „Kräftige und blühende Knaben welken nach einigen Jahren dahin wie Gewächse, denen Licht und Nahrung entzogen; am deutlichsten erscheint das sieche Gepräge in den höheren Klassen; Bilder der Gesundheit werden immer seltener gefunden; ein bleiches Antlitz, ein träges Wesen, ein mattes Auge, Verstimmung und altkluge Mienen haben bei vielen die Frische, das Feuer und die Unbefangenheit verdrängt!“ Als Mittel, durch welche diese krankhaften Zustände in den Gymnasien hervorgerufen werden, bezeichnet er die Vielheit der Unterrichtsgegenstände, die Vielheit der Unterrichtsstunden und die Vielheit der häuslichen Aufgaben. Das Endergebniss seiner Vorschläge ist: Abkürzung des Sitzens, Verminderung der Zahl der Unterrichtsfächer, der Lehrstunden und der häuslichen Arbeiten und endlich sorgfältige Pflege des Körpers. — Diese kleine Schrift war die Veranlassung zu einem lebhaften Streite, in dem sich namentlich Froriep als Mediciner auf die Seite Lorinser's stellte. Es ist nicht recht, letzteren der Leichtfertigkeit und Uebereilung zu beschuldigen. Jn etwas über das Ziel hinausschiessend, legte er doch die Wunde bloss, als er hervorhob, wie die alleinige Berücksichtigung der geistigen Ausbildung schliesslich zum Ruin der Jugend führen müsse. Ein Rescript des preussischen Unterrichtsministeriums vom 24. October 1837 wies ihm zwar Uebertreibungen in seinen Angaben nach, aber schon am 6. Juni 1842 erschien eine Cabinetsordre Friedrich Wilhelm's IV., durch welche der Turnunterricht, welcher bisher aus politischen Motiven in den Hintergrund gedrängt war, als nothwendiger und unentbehrlicher Bestandtheil der männlichen Erziehung in Preussen anerkannt wurde.

Seit dieser Zeit herrscht eine ungemein lebhafte Thätigkeit auf dem Gebiete der Schulhygiene, und die Literatur des Gegenstandes ist seither ins Unabsehbare gewachsen. 1865 erschienen die Arbeiten von Fahrner und Parow über die Reform der Schultische, 1866 die ersten Arbeiten von Hermann Cohn über die Kurzsichtigkeit der Schulkinder; ausserdem in der Folge eine überreiche Anzahl von Schriften, Rathschläge und Gutachten enthaltend, welche bei den einzelnen Capiteln Erwähnung finden werden. Unter der Mitbetheiligung fast aller wissenschaftlichen Kreise wurden mehr und mehr Detailfragen über die gesundheitliche Gestaltung des Erziehungs-

wesens und des Unterrichts zum Gegenstande eingehender Bearbeitung. Wie die Arbeiten H. Cohn's für die Kurzsichtigkeit und die Beleuchtung, so waren die Untersuchungen v. Pettenkofer's für den Schulhausbau, Rietschel's für die Lüftung und Heizung, Virchow's über die wesentlichsten Schulkrankheiten, und die Forschungen R. Koch's über das Wesen und die Bekämpfung der Infectionskrankheiten massgebend für die Ausgestaltung der Schule in sanitärer Beziehung. Die Schulbehörden der einzelnen Staaten ordneten die geeigneten Massnahmen an und gewährten auch nach Möglichkeit die Mittel zur zweckmässigen Ausstattung der Schulräume und für eine bessere körperliche Ausbildung der Jugend (Turnen, Jugendspiele, Baden). Eine Reihe grösserer und kleinerer Communen folgte auf dem bezeichneten Wege.

Wir sind jetzt noch mitten in der hygienischen Bewegung für die Schule, und ein Blick auf das Literaturverzeichniss, welches noch durchaus nicht auf Vollständigkeit Anspruch macht, genügt zur Erkenntniss, wie umfassend die Thätigkeit gerade auf diesem Gebiete der Gesundheitspflege bis zu diesem Augenblicke ist. Die Schulhygiene ist schon jetzt zu einem besonderen Wissensgebiete von grossem Umfange geworden. Jeder Tag bringt neue Erscheinungen, welche das, was die Theorie fordert, in die Praxis übertragen.

Die wichtigsten bestehenden Schulsysteme.

In Deutschland unterscheidet man drei Gattungen von Unterrichtsanstalten:

1. Volks- oder Elementarschulen (Gemeinde-, Primär-, Communal-, Bezirksschulen).

2. Bürger- oder Mittelschulen (gehobene Volksschulen, höhere Knabenschulen).

3. Höhere Schulen (Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen, höhere Töchterschulen).

Normale Volksschuleinrichtungen in Preussen sind nach den Allgemeinen Bestimmungen über das Volksschulwesen vom 15. October 1872 [1]) die Schule mit einem Lehrer, welche entweder die einklassige Volksschule oder die Halbtagsschule ist, die Schule mit zwei Lehrern und die mehrklassige Volksschule (mit mehr als zwei Lehrern).

In der einklassigen Volksschule werden Kinder jedes schulpflichtigen Alters in ein und demselben Locale durch einen gemeinsamen Lehrer gleichzeitig unterrichtet. Die Zahl derselben soll nicht über 80 steigen.

Die Halbtagsschule kann mit Genehmigung der Regierung dort eingerichtet werden, wo die Anzahl der Kinder über 80 steigt, aber das Schulzimmer auch für eine geringere Zahl nicht ausreicht, und die Verhältnisse die Anstellung eines zweiten Lehrers nicht gestatten, sowie dort, wo andere Umstände es nöthig machen. In dem Ministerialerlass vom 16. December 1874 ist darauf hingewiesen, dass die Vereinigung einer grösseren Anzahl von Kindern jedes schulpflichtigen Alters in einer Klasse dem Erfolge des Unterrichts Schwierigkeiten entgegenstellt, und dass gegenüber einer überfüllten einklassigen

[1]) Ausgabe von E. Förster, Berlin 1881.

Schule die wohleingerichtete Halbtagsschule in ihren beiden aufsteigenden Klassen Vortheile bietet.

Sind zwei Lehrer an einer Schule angestellt, so ist der Unterricht in zwei gesonderten Klassen zu ertheilen. Steigt in einer solchen Schule die Zahl der Kinder über 120, so ist eine dreiklassige Schule einzurichten.

Als mehrklassige Volksschulen werden alle Schulen bezeichnet, die drei und mehr Klassen haben. Wo an einem Orte mehrere einklassige Schulen bestehen, ist deren Vereinigung zu einer mehrklassigen Schule anzustreben. In dieser ist rücksichtlich der oberen Klassen eine Trennung der Geschlechter wünschenswerth.

Die Volksschule, auch die einklassige, gliedert sich in drei Abtheilungen, welche den verschiedenen Alters- und Bildungsstufen der Kinder entsprechen, nämlich in Unter-, Mittel- und Oberstufe. Wo eine Volksschule vier Klassen hat, sind der Mittelstufe zwei, wo sie deren sechs hat, jeder Stufe zwei Klassen zuzuweisen.

Die Mittelschulen sollen einerseits ihren Schülern eine höhere Bildung geben, als dies in der mehrklassigen Volksschule geschieht, andererseits aber auch die Bedürfnisse des gewerblichen Lebens und des sog. Mittelstandes in grösserem Umfange berücksichtigen, als dies in höheren Lehranstalten regelmässig der Fall sein kann. Die Mittelschulen sollen neben den Volksschulen des Ortes bestehen und mindestens fünf aufsteigende Klassen mit einer Maximalzahl von je 50 Schülern haben. Der Lehrplan einer sechsklassigen Mittelschule umfasst neben den Lehrgegenständen der Volksschule — natürlich mit erweiterten Lehrzielen — wenigstens eine fremde neuere Sprache; der Unterricht im Lateinischen ist facultativ. Bei den höheren Bürgerschulen mit sechsjährigem Cursus wird mit Zustimmung der obersten Schulaufsichtsbehörde durch Bestehen der Abgangsprüfung das Zeugniss der wissenschaftlichen Befähigung für den einjährigen Militärdienst in Preussen erworben.

Die Realschulen haben siebenjährigen Cursus, die Oberrealschulen neunjährigen; bei beiden ist der Unterricht im Lateinischen nicht obligatorisch.

Die Realgymnasien haben neunjährigen Cursus mit sechs Hauptklassen, ebenso wie die Gymnasien. In ersteren Schulen wird grösseres Gewicht auf die Naturwissenschaften und auf die neueren Sprachen gelegt, in letzteren auf die klassischen Sprachen. Die Absolvirung der Gymnasien gewährt den Zutritt zu allen Facultätsstudien, während den Abiturienten der Realgymnasien nur

das Studium der Mathematik, der Naturwissenschaften und der neueren Sprachen, sowie der Besuch technischer Hochschulen freisteht. Mit den höheren Lehranstalten sind häufig dreistufige Vorschulen, Elementarschulen, verbunden, in denen die Schüler während dreier Jahre den Unterricht in den Volksschulfächern erhalten, um dann mit dem vollendeten 9. Lebensjahre in die eigentliche Anstalt einzutreten.

Die höheren Töchterschulen haben neun- bezw. zehnjährigen Cursus und nehmen die Kinder mit Beginn des schulpflichtigen Alters auf. Mädchenschulen, die in ihren Zielen hinter den höheren Töchterschulen zurückbleiben, aber über die mehrklassige Volksschule hinausgehen, werden als Mädchenmittelschulen oder als gehobene Töchterschulen bezeichnet.

In ähnlicher Weise wie in Preussen ist das Schulwesen in den übrigen Staaten Deutschlands, in Oesterreich und der Schweiz organisirt, wenn auch die Bezeichnung der einzelnen Schulsysteme zuweilen eine verschiedene ist.

Aufgaben der Schulhygiene.

Die moderne Schule ist eine vom Staate geschaffene Einrichtung mit dem Zweck, die Jugend zu befähigen, dereinst ihren vollen bürgerlichen Pflichten zu genügen. Die Mittel zu diesem Zweck giebt die Erziehung, d. i. die gleichmässige Entfaltung der dem menschlichen Individuum von der Natur verliehenen körperlichen und geistigen Anlagen und Fähigkeiten. Dieses Mittels hat sich also die Schule zu bedienen, wenn sie der Absicht ihres Schöpfers, des Staates, genügen will; damit ist zugleich ausgedrückt, dass die Schule den Zweck des Staates verfehlt, wenn sie durch Bevorzugung der Entfaltung der einen Seite der menschlichen Anlagen und Fähigkeiten vor der anderen das Gleichmass stört. Der Staat nimmt den Menschen in körperlicher und geistiger Richtung als ein Ganzes und verlangt ihn von der Schule als ein Ganzes; der Körper ohne Geist, der Geist ohne Körper sind keine Factoren, mit denen er rechnet. Er bedarf vollkommener körperlicher Eigenschaften seiner Bürger zum Zweck der Vertheidigung, soweit es sich auf die Männer — der Erzeugung gesunder Kinder, soweit es sich auf beide Geschlechter bezieht; er bedarf der Vollkommenheit intellectueller Eigenschaften seiner Bürger, weil er seiner Culturaufgabe nachzukommen hat; er braucht aber, und darin liegt der Schwerpunkt, diese beiden Eigenschaften vereint in einem Organismus, weil die rohe Gewalt ohne Intellect, das Intellect ohne hinlängliche körperliche Grundlage, wie die Geschichte der Menschheit ergeben hat, auf die Dauer nicht widerstandsfähig ist, sondern untergeht. Gesunde Constitutionen und solide durchgebildete Charaktere, welche wissen, was sie wollen, und welche nur wollen, was Recht ist, welche aber auch thun, was der vernünftige Wille gestattet, braucht der Staat in seinen Bürgern.

In diesem Sinne steht der Staat auf dem Boden des allerältesten hygienischen Gesetzes. Der Staat stellt seine Forderung an die Schule um so strenger, und muss dies thun, wenn er seine Kinder ihr durch Zwangsmassregeln überantwortet, der Möglichkeit eines Ausweichens seitens des Individuums also vorbeugt; Schulzwang ohne Erfüllung dieses Postulats würde den Staat in seinen Grundfesten erschüttern, weil er ihn seines Inhalts, d. i. des Bürgerthums, berauben würde. So hat die Zwangsschule eine hervorragende hygienische Mission, zugleich aber auch die Aufgabe, dem Staate seine Existenz zu wahren. So gewinnt auch der Ausspruch: „Wer die Schule hat, hat die Zukunft", eine ausserordentliche Bedeutung; daher der Kampf der beiden um das Supremat ringenden Gewalten, des Staates und der Kirche, um die Schule. Der Besitz der Schule sichert unter allen Umständen den Sieg, wie Jedem einleuchten muss.

In dem vorliegenden Buche soll nun der Versuch gemacht werden, darzulegen, welcher Mittel im Einzelnen sich die Schule zu bedienen habe, wenn sie den ihr übertragenen Zweck erreichen soll. Es ist klar, dass sie in allererster Linie von ihren Pflegebefohlenen alle und jede Schädlichkeit mehr äusserer Natur wird fernzuhalten haben, welche im Stande sein könnte, Körper oder Geist in fehlerhafter Weise zu beeinflussen; sie wird also in ihrer äusseren Einrichtung sich gesundheitsgemäss zu gestalten haben. Es leuchtet ferner ein, dass sie bezüglich der Wahl ihrer inneren Einrichtungen, also der eigentlichen Bildungsmittel und deren Anwendung, behutsam und vorsichtig wird zu Werke gehen müssen, um in diesen selbst nicht mit Schädlichkeiten zu operiren, welche den Endzweck ihres Strebens in Frage stellen. Die Schule wird alsdann den Einfluss zu überwachen haben, welchen der Gebrauch der von ihr zur Anwendung gebrachten äusseren Einrichtungen und der Bildungsmittel auf die Schuljugend hat; sie wird in Erwägung zu ziehen haben, ob nicht offenbare, an der Schuljugend sich kundgebende Mängel und Gebrechen in nächster Beziehung zu ihr selbst stehen; sie wird endlich, und gerade um diesen letzten Zweck um so vollkommener zu erreichen, sich desjenigen Rathes versichern müssen, dessen sie in sanitären Dingen, welche ausserhalb ihrer eigenen Urtheilssphäre liegen, bedarf, und so alles beseitigen, was in letzter Linie ihren Endzweck schädigen könnte.

So gliedert sich naturgemäss die Aufgabe der Schulhygiene in vier Haupttheile, und wir werden gewissermassen vier Haupttheile der Behandlung unseres Gegenstandes aufzunehmen gezwungen sein.

Wir werden uns zu beschäftigen haben:

1. Mit dem Aeusseren der Schule, dem Schulhause und dessen Einrichtungen.

2. Mit den inneren Einrichtungen der Schule, dem eigentlichen Unterricht, soweit derselbe zur Gesundheit in Beziehung steht.

3. Mit dem Einflusse des Schullebens auf die körperliche Entwickelung der Jugend.

4. Mit der hygienischen Ueberwachung der Schule.

Die Schulhygiene.

Literatur[1]).

Johann Peter Frank, System einer vollständigen medicinischen Polizei. 1786.
Lorinser, Zum Schutz der Gesundheit in den Schulen. Med. Zeitung. 1836. Neuer Abdruck 1861.
Froriep, Bemerkungen über den Einfluss der Schulen auf die Gesundheit. Berlin 1836.
Mützell, Literarische Zeitung. 1836.
Heinsius, Hygiea und die Gymnasien. 1836.
Miller, Die Schulhäuser und ihre Bewohner. Hnk. Zeitschrift. 1842.
Montfalcon et Polinière, Traité de la salubrité. Paris 1846.
Schreber, Ein ärztlicher Blick in das Schulwesen. Leipzig 1858.
Schraube, Die sanitätspolizeiliche Ueberwachung der Schule. 1859.
Schraube, Die Sorge für die Gesundheit in der Schule. Hnk. Zeitschrift. 1860.
Barnard, Principles of school architecture. New York 1859.
Brun, On the arrangement, construction and fitting of school-houses. London 1856.
Pappenheim, Handbuch der Sanitätspolizei. Berlin 1859.
Becker, Ein Wort über das Schulwesen. Basel 1860.
Pappenheim, Die Schule und die Gesundheit der Schule. Monatsschrift für exacte Forschung auf dem Gebiete der Sanitätspolizei. 1860. Bd. I.
Salmon, De la construction des maisons d'école. Paris 1860.
Pettenkofer, Ueber Luft in den Schulen. Pappenheim's Monatsschrift. 1862. Bd. II.
Freygang, Die Schule und die leiblichen Uebel der Schuljugend. Leipzig 1863.
Gast, Aerztliche Beiträge zur Reform des Volksschulwesens in Sachsen. 1863.
Lang, Erfordernisse eines zweckmässigen Schulgebäudes. Braunschweig 1862.
Passavant, Ueber Schulunterricht vom ärztlichen Standpunkte. 1863.

---

[1]) In diesem Verzeichniss sind nur die literarischen Erscheinungen allgemeinen Inhalts berücksichtigt. Die Literatur, welche sich mit speciellen Fragen beschäftigt, findet sich bei den betreffenden Capiteln.

Lion, Die Hygiene der Schule. Deutsche Klinik. 1863.
Voquer, Bâtiments scolaires recémment construits en France. Sèvres 1863.
Raschdorff, Ueber den Bau und die Einrichtungen der Elementarschulen in Cöln. Erbkam's Zeitschrift. 1864.
Zwez, Das Schulhaus und dessen innere Einrichtungen. Weimar 1864. 2. Aufl. 1870.
Reclam, Gesundheitslehre für Schulen. Leipzig 1865.
Saucerotte, Petite hygiène des écoles. Paris 1865.
Guillaume, Gesundheitspflege in den Schulen. Aarau 1865.
Wanzenried, Das physische Leben unserer Generation und die Volksschule. Bern 1865.
Häckermann, Lehrbuch der Medicinalpolizei. Berlin 1863.
Parow, Ueber die Reform der Schultische. Vortrag. 1865.
Cohn, Kurzsichtigkeit unter den Schulkindern und ihre Beziehung zu Schultisch und Helligkeit der Schulzimmer. Deutsche Klinik. 1866. Februar.
Fahrner, Das Kind und der Schultisch. Zürich 1865.
Gross, Ueber Ursachen und Verhütung der Kurzsichtigkeit und über Schuleinrichtungen. Württemberg. Corresp.-Bl. 1866. Br. 36.
Keicher, Neue Construction einer Schulbank. Biberach 1866. Quartalschrift für Erziehung und Unterricht.
Behrend, Journal für Kinderkrankheiten. 1867. Ueber Erhaltung der Gesundheit der Kinder im schulpflichtigen Alter und die Abwehr der aus dem Schulbesuche entstehenden Krankheiten.
Cohn, Die Schulhäuser auf der Pariser Weltausstellung. Berl. Klin. Wochenschrift. 1867 und 1873.
Vernois, De l'état hygiénique des lycées de l'empire. 1867.
Becker, Luft und Bewegung. Zur Gesundheitspflege in den Schulen. Frankfurt a. M. 1867.
Cohn, Untersuchungen der Augen von 10,060 Schulkindern. Leipzig 1867.
Kleiber, Schulprogramm der Dorotheenstädtischen Realschule. 1866 und 1867. Gelegentliche Gedanken über Schulbauten und die Einrichtung von Schulzimmern. Der Nachmittagsunterricht und das Schullocal.
Falk, Die sanitätspolizeiliche Ueberwachung höherer und niederer Schulen. Leipzig 1868 und 1871.
Frey, Der rationelle Schultisch. Zürich 1868.
Herrmann, Ueber die Einrichtung zweckmässiger Schultische. Braunschweig 1868.
Zahn, Die Schulbankfrage vom gesundheitlichen Standpunkte. 1868.
Weber, Licht und Luft in unseren Wohnungen. 1869.
Varrentrapp, Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Hygienische Forderungen an Schulbauten. 1869.
Virchow, Ueber gewisse die Gesundheit benachtheiligende Einflüsse der Schulen. Berlin 1869 in Virchow's Archiv, Bd. XLVI.
Backhaus, Die Schulgesetzgebung der Gegenwart. Osnabrück 1869.
Schulbauten vom Standpunkte der öffentlichen Gesundheitspflege. Gutachten des ärztlichen Vereins in Frankfurt a. M. 1869.
Schildbach, Die Schulbankfrage und die Kunze'sche Schulbank. 1869 und 1872.
Flinzer, Anforderungen der öffentlichen Gesundheitspflege an die Schulbänke. 1869.
Buchner, Zur Schulbankfrage. Berlin 1869.

Wiese, Das höhere Schulwesen in Preussen. 1869.
Gerstenberg, Die Gemeindeschulen der Stadt Berlin. Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen. Berlin 1869.
Gesetzgebung auf dem Gebiete des Unterrichtswesens in Preussen. Berlin 1869.
Gesundheitspflege in den Schulen. Centralblatt für das gesammte Unterrichtswesen in Preussen. 1870. 2. 9. 11.
Herz, Das bayerische und österreichische Schulgesetz in sanitärer Beziehung. Oesterr. Jahrbücher für Pädiatrik. Neue Folge. 1870.
Reclam, Versuch eines Musterschulzimmers. Deutsche Zeitschrift für Gesundheitspflege. 1870.
Schulhäuser und Schulzimmer von zehn meist grösseren Gemeinden des Regierungsbezirks Aachen und Düsseldorf. Elberfeld 1870.
Thomé, Schulgesundheitspflege. Cöln und Leipzig 1871.
Buchner, Zur Schulgesundheitspflege. Niederrhein. Correspondenzbl. 1873.
Weekes, A catechism of health for the use of schools and young persons. London 1873.
Gauster, Die Gesundheitspflege im Allgemeinen und hinsichtlich der Schule im Besonderen. Wien 1874.
Riant, Hygiène scolaire, influence de l'école sur la santé des enfants. Paris 1874 und 1875.
Hirt, System der Gesundheitspflege. 1876.
Krahmer, Handbuch der Staatsarzneikunde. II. Theil. Hygiene p. 56 ff.
Hoffmann, A., Beobachtungen und Erfahrungen auf dem Gebiete der Schulgesundheitspflege. Briefl. Gutachten von Frhr. J. v. Liebig (über Luftheizung) und anderen Professoren. Nürnberg 1876.
Ligue de l'enseignement. École modèle. Bruxelles 1875. Alliance typographique.
Report of the Commitee appointed by the Board of public Education etc. Philadelphia 1875. Markley & Son.
Treichler, Die Verhütung der Kurzsichtigkeit durch Reform der Schulen im Geiste Pestalozzi's. Zürich 1875. Schmidt.
Gauster, M., Gesundheitspflege in der Schule. Gesundheit I, p. 33.
Derselbe, Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. VII, p. 330.
Hygienische Massregeln und Sanitätseinrichtungen in Schulen. Lancet I, p. 795, 859 u. II, 111.
Michel, Einrichtung der Schulhäuser etc. Württemberg. Correspondenzbl. 45, p. 15.
Petition über Schulhygiene. Viertelj. f. ger. Medicin XXII, p. 212.
Schulen. Hygienische Massregeln. Lancet II, p. 422, 574.
Schulen. Bericht der Sanitary-Commission. Lancet, Juni, November 1875.
Schulen. Die glarnerischen Schulhäuser. Bl. f. Gesundheitspfl. IV, p. 60.
Schulgesundheitspflege. Stuttg. Tagebl. Nr. 254. 1875.
dto. Aerztl. Vereinsbl. f. Deutschland Nr. 43, p. 136. 1875.
Wolffhügel, Einrichtung der öff. u. priv. Erziehungsinstitute. Bayer. ärztl. Intelligenzbl. XXII, p. 33.
Einrichtung der Schulhäuser. Klagenfurt 1876. Butschinger & Heyn.
Fischer, Carl, Volksgesundheitspflege und Schule. Holtzendorff, Deutsche Zeit- und Streitfragen, Nr. 86 u. 87.
Riant, A., L'hygiène et éducation dans les internats, Lycées etc. Paris 1875. Hachette.

Trapenard, Gilbert, Étude d'hygiène des écoles, Paris 1875. Doin.
Ritter, Zur Schulgesundheitspflege. Vierteljs. f. ger. Med. XXIV, p. 359 und XXV, p. 143.
Schulen, Bericht über englische. Lancet I, p. 573.
Bericht der schweizerischen permanenten Schulausstellung in Zürich. 1877. Schulthess.
Iselin, Bemerkungen über Missstände unseres Schulturnens. Basel. Schweighauser.
Klantzsch, Volksschule zu Nordhausen. Nordhausen 1878.
Koch, Peter, Gesundheitslehre und Gesetzeskunde in der Volksschule. Dortmund. Köppen.
Küchler, Reform unserer Volksschule in hygienischer Richtung. Bern 1877. Wyss.
Liebreich, R., School Life in its Influence on sight and figure. London 1877. Churchill.
Neue Thomasschule in Leipzig. Bericht über die Einweihung. Leipzig 1877.
Schindler, Kindergarten und Kleinkinder-Schulwesen in Oesterreich und Deutschland. Wien 1877. Gräser.
Kuby, Schulhygiene auf der Brüsseler Ausstellung. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. IX, p. 396.
Loring, Schulhygiene. Einfluss schlechter Luft und der Richtung des einfallenden Lichtes auf die Augen. Public Health VI, p. 359.
Newell, J., Welche Aenderungen verlangt die Physiologie in unserem Schulsystem. Public Health VI, p. 261, 308.
v. Oven, Die neuesten Schulbauten in Frankfurt a. M. Jahresbericht der Verwaltung des Medicinalwesens in Frankfurt, XX, p. 90.
Parsons, Der Schullehrer und die öffentl. Gesundheitspflege. Sanitary Record VI, p. 184.
De Bagnaux, Conférence sur le mobilier de classe etc. Paris 1878. Delagrave.
Chancellor, C. W., Report upon the sanitary condition of male primary and grammar schools. Baltimore. Cox.
Gillotin, Mémoire sur les expositions scolaires du Trocadero 1879. Paris. Fischbacher.
Keller, Einrichtung der Innenplätze für Stadt- und Landschulen. Wien 1879. Pichler's Wittwe & Sohn.
Kotelmann, Körperverhältnisse der Gelehrtenschüler des Johanneums in Hamburg. Berlin. Verlag des königl. statist. Bureaus.
Lincoln, Hygiene of public schools in Massachusetts. Boston 1879. Rand, Avery & Comp.
Paul, Frdr., Wiener Schuleinrichtungen. Wien 1879. Gerold's Sohn.
Baginsky, Zur Schulhygiene. Deutsche med. Wochenschr. IV, p. 49.
Gross, Zwei Gesundheitsfragen. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. X, p. 632.
Pereira, Ueber Schulhygiene. Gaz. méd. de Bahia III, p. 212, 433.
Rosenthal, Verhandlungen des Nürnberger Gesundheitscongresses über den Einfluss der heutigen Unterrichtsgrundsätze etc. Verh. d. Ver. f. öff. Gesundheitspflege. Magdeburg VI, p. 405.
Stoddard, Schulhygiene. Transact. of med. Soc. of New York p. 212. 1879.
O'Sullivan, Sanitäre Verhältnisse der öffentl. Schulen in New York. Transact. of the med. Soc. in New York p. 223. 1879.
Workmann, Hygiene der Schulen. Gaz. méd. de Bahia et Canada. Lancet XI, p. 71.

Birglin, De l'établissement de l'école primaire etc. Paris 1880. Delagrave.
Chittenden, Our school-houses. Appleton 1880. Atwood.
Fresenius, Carl, Denkschrift über die Einrichtung eines Schulsanatoriums in St. Blasien im Schwarzwald. Berlin 1880. Buchdruckerei-Aktiengesellschaft.
De Giaxa, Igiene della Scuola etc. Milano 1880. Hoepli.
Hygiène scolaire. Instructions sommaires sur les premiers symptomes des maladies transmissibles etc. Bruxelles. Baertsoex.
Nichols, W., Sanitary condition of school-houses. Boston 1880.
Règlement pour la construction et l'ameublement des maisons d'école. Ministère de l'instruction publique. Paris 1880.
Reeve, Our public schools in their relation to the Health of pupils. Appleton 1880. Atwood.
Subercaze, B., L'école; législation relative à la construction et à l'appropriation des bâtiments scolaires. Paris 1880.
Wintrebret, L., Consultation hygiénique à propos de la construction et de l'ameublement d'une école primaire à Lille. Paris 1880. Baillière.
Aubert, Ein Stück Schulhygiene. Ungeziefer in Schulen. Lyon médicale XXXII, p. 318.
Chadwick, Edwin, Vorschriften der Gesundheitspflege für die Schulanstalten. San. Record Nr. 5, I, p. 176.
Cohn, H., Schulhäuser und Schultische auf der Pariser Weltausstellung. Jahresb. der schles. Ges. f. vaterl. Cultur LVI, p. 238.
Dally, Schulhygiene. Bull. de la Soc. de méd. publ. I, p. 200.
Gross, Zur Schulgesundheitspflege. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. XI, p. 425.
Hurel, Dorfschulen in einem Canton der Normandie. Ann. d'Hygiène II, p. 201, 310.
Javal, Hygiene des Auges. Gaz. hebdomad. XVI, p. 42. Farbe des Druckpapiers. Rev. d'Hygiène I, p. 410. Hygiene des Lesens. Ann. d'Hygiène I, p. 60.
Jenckes, Hygiene in öffentl. Schulen. Rep. of the Board of Health of Rhode-Island I, p. 75.
Liebing, Schulgesundheitspflege mit Berücksichtigung der Volksschulen zu Blankenburg. Monatsbl. f. öff. Gesundheitspfl. II, p. 31.
Lincoln, D. S., Gesundheitsgemässe Construction der Schulen. Plumber II, p. 391.
Nicati, W., Untersuchungen über Schulhygiene. Marseille médic. XVI, p. 162, 225, 271, 354.
Oeffentliche Schulen. Mangelhafte Ventilation und Gehirnvergiftung. Sanitarien VII, p. 300.
Riant, Ueber Schulhygiene. Ann. d'Hygiène II, p. 193.
Riddle, Specialbericht der Commission für Schulhygiene. New York. Bull. of the med. Leg. Soc. I, p. 23.
Schulhygiene. Wiener med. Wochenschr. XXIX, p. 1267.
Walcher, Communalschulen im Canton Erstein. Arch. f. öff. Gesundheitspfl. IV, p. 144.
Walser, Beiträge zur Schulhygiene. — Rohrleger II, p. 295.
Bijdragen over school-hygiene. Uitgeven door de vereening tot verbetering der volksgezondheit te Utrecht. Utrecht 1881. J. van Druten.
Coronel, De gezondheitsleer der school en het schoolkind. s'Gravenhagen 1881.

Jahresbericht (sechster) der Schweizerischen permanenten Schulausstellung in Zürich. Zürich 1881. Ulrich.

Riant, Hygiène scolaire 5 et 6 Edit. Paris 1881, 1882. Hachette.

Tamassia, Le Intemperanze del lavoro mentale nelle Scuole. Milano 1881. Sonzogno.

Alvaro, Unsere Schulen vom hygienischen Standpunkte. Siglo. med. XXVII, p. 178.

Ansprüche der Schulhygiene bei Schulbauten in Amerika. Rohrleger III, p. 93.

Einfluss der Schule auf die physische Entwickelung der Jugend. Congrès intern. de l'enseignement. 61. Sect., p. 167. Bruxelles.

Blasius, Die Schulen des Herzogthums Braunschweig. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. XII, p. 743.

Davy, Einfluss der Schulräume auf Erzeugung von Krankheiten. Cincinn. Lancet and Clinik V, p. 241.

Fankhauser, Schulgesundheitspflege. Schweiz. Corresp.-Bl. X, p. 140. (Referat.)

Hennig, Zur Schulhygiene. Deutsche med. Wochenschr. VI, p. 665.

Stössl, Die Schulhygiene in Oesterreich vor 100 Jahren. Wiener med. Wochenschr. XXX, p. 1375.

Wiss, E., Schulgesundheitspflege. Viertelj. f. Volkswirthschaft etc. XV, p. 119.

Gesetzliche Bestimmungen über die Einrichtung der Schulhäuser in Württemberg. Stuttgart 1882. Zusammenstellung.

Carpenter, A., Health of school. London. Hughes.

Exposition des projets et modèles l'établissements scolaires. Paris 1880. Impr. nationale.

Blasius, R., Die Schulhäuser des Herzogthums Braunschweig vom hygienisch-statistischen Standpunkt. Viertelj. f. öff. Gesundheitspflege XIII, p. 417.

Chatelanat, Statistik der Schulhygiene in den Primärschulen des Canton Bern. Zeitschr. f. schw. Statist. XVI, p. 53.

Dennis, Beziehung des Gesundheitsamtes zu dem öffentl. Schulsystem. Rep. of the Board of Health of New Yersey V, p. 33.

Downes, Hygiene der Dorfschulen. San. Record III, p. 92.

Gesundheitspflege der Schule. Gesundheit VI, p. 163.

Hertel, Zur Schulhygiene. Ugeskr. f. Læger IV, p. 15.

Layet, Vorlesungen über Schulhygiene. Gaz. hebdomad. d. sc. méd. de Bordeaux I, p. 563.

Pflüger, Ueber Schulhygiene. Schweiz. Corresp.-Bl. Basel XI, p. 107.

Reed, Gefahren und Krankheiten der Schulzimmer. San. News I, p. 169.

Schülke, Höhere und mittlere Schulen. Corresp.-Bl. d. niederrh. Vereins f. öff. Gesundheitspfl. X, p. 42.

Schulausstellung (in Stuttgart). Schweizer. Schularchiv II, p. 213, 219.

Schulgesundheitspflege im Königr. Sachsen. D. med. Zeitung II, p. 73.

Schulhäuser Zürichs. Schweizer. Schularchiv II, p. 165.

Schulwesen auf der Düsseldorfer Ausstellung. Schweizer. Schularchiv II, p. 11.

Uffelmann, Handbuch der privaten und öffentl. Hygiene der Kinder. Leipzig 1881.

Die allgemeinen Bestimmungen vom 15. Oct. 1872, betreffend das Volksschulwesen in Preussen. Vom preuss. Cultusministerium. Erläutert von E. Förster. Berlin 1881.

Gasser, Ueber die Gesundheitspflege der Schüler. Wiesbaden 1881.
Weber, Ueber die Augenuntersuchungen in den höheren Schulen zu Darmstadt. Referat und Memorial. Darmstadt 1881.
Daiber, Körperhaltung und Schule. Oder Schreiben und Zeichnen als körperliche Thätigkeit. Stuttgart 1881.
Kotelmann, Ist die heutige Jugend der höheren Lehranstalten mit Schularbeit überbürdet? Hamburg 1881.
Aerztliches Gutachten über das höhere Schulwesen Elsass-Lothringens. Erstattet von einer medicinischen Sachverständigencommission. Strassburg i. E. 1882.
Behagel, Die Entlastung der überbürdeten Schuljugend. Heilbronn 1882.
Fricke, Die Ueberbürdung der Schuljugend. Berlin 1882.
Die Gesundheitspflege in der Schule. Bericht vom preuss. Unterrichtsministerium. 1883.
Toselowski, Schulhygiene. Berlin 1883.
Berlin und Rembold, Untersuchungen über den Einfluss des Schreibens auf Auge und Körperhaltung. Stuttgart 1883.
Gutachten, betreffend die Ueberbürdung. Von der Kgl. preuss. wissenschaftl. Deputation für das Medicinalwesen. Berlin 1883.
Scheel, Zur Frage der Ueberbürdung in der deutschen Volksschule. Hamburg 1883.
Die Gesundheitspflege in der Schule. Führer durch die Lehrmittel, ausgestellt vom Kgl. preuss. Unterrichtsministerium auf der Hygiene-Ausstellung in Berlin 1883.
Siegert, Die Förderung der Gesundheitspflege durch Lehrer und Lehrervereine. Berlin 1884.
Aerztliches Gutachten über das Elementarschulwesen Elsass-Lothringens. Erstattet von einer medicinischen Sachverständigencommission. Strassburg i. E. 1884.
Aerztliches Gutachten über das höhere Töchterschulwesen Elsass-Lothringens u. s. w. Ebenda. 1884.
Weber, Ueber Schulhygiene in England. Wiesbaden 1884.
Baginsky und Guttmann, Die Hygiene des Kindes. Im Bericht über die Hygieneausstellung in Berlin 1883. Breslau 1884.
Förster, Einige Grundbedingungen für gute Tagesbeleuchtung in den Schulen. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. 1884. Bd. XVI, p. 423 ff.
Knott, Die Schulen der Stadt Mülheim a. Rh. vom hygienischen Standpunkte aus betrachtet. Centralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1884. Bd. III, p. 243.
Denkschrift über die Schulüberbürdungsfrage. Vom ärztlichen Verein zu Bochum. Ebenda 1884. p. 270.
Denkschrift der preuss. Unterrichtsverwaltung, betreffend die Frage der Ueberbürdung. Centralbl. f. d. ges. Unterrichtsw. 1884. p. 202 ff.
Gutachten der Kgl. preuss. wiss. Deputation für das Medicinalwesen, betreffend die Frage der Ueberbürdung. Ebenda 1884.
Ritz, Die schulhygienischen Bestrebungen unserer Zeit; in wie weit können und sollen sich die Lehrer der Mittelschulen an denselben betheiligen? München 1884.
Reimann, Die körperliche Erziehung und die Gesundheitspflege in der Schule. Kiel 1885.
Schwalbe, Zur Schulgesundheitspflege. Central-Organ f. d. Interessen des Realschulwesens. Berlin 1885.

Hartwich, Reden über die vernachlässigte leibliche Ausbildung unserer Jugend. 1885.
Bauinstruction über Anlage und Einrichtung von Schulgebäuden. Anweisung der Regierung zu Breslau. Breslau 1886.
Schneider und v. Bremen, Das Volksschulwesen im preussischen Staate in systematischer Zusammenstellung der auf seine innere Einrichtung und seine Rechtsverhältnisse, sowie auf seine Leitung und Beaufsichtigung bezüglichen Gesetze und Verordnungen. 3 Bde. Berlin 1886.
Hittenkofer, Der Schulhausbau in Bezug auf constructive Gestaltung und praktische Gesundheitspflege. Leipzig 1886.
Hygiene-Section des Berliner Lehrervereins, Zur Schulgesundheitspflege. Berlin 1886.
Rietschel, Lüftung und Heizung von Schulen. Berlin 1886.
Bestimmungen, betreffend die Gesundheitspflege in den Schulen. Vom Erziehungsbeirath der Stadt Basel. 1886.
Erismann, Die Hygiene der Schulen. In Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankh. von v. Pettenkofer u. Ziemssen. 1887. 2. Th. 2. Abth.
Hinträger, Der Bau und die innere Einrichtung von Schulgebäuden für öffentliche Volks- und Bürgerschulen. Wien 1887.
Burgerstein, Die Gesundheitspflege in der Mittelschule. Wien 1887.
Hürlimann, Ueber Gesundheitspflege an unseren Volksschulen. Zug 1887.
Loewenthal, Grundzüge einer Hygiene des Unterrichts. Wiesbaden 1887.
Reimann, Gesundheitslehre auf naturwissenschaftlicher Grundlage. Kiel 1887.
Pflüger, Kurzsichtigkeit und Erziehung. Akademische Festrede. Wiesbaden 1887.
Tischler, Das ländliche Volksschulhaus vom Standpunkte der öffentlichen Gesundheitspflege. München 1887.
Kastan, Gesundheitspflege in Haus und Schule. Berlin 1887.
Ranke, J., Der Mensch. Leipzig 1887.
Kramerius, Die leibliche Erziehung der Jugend vom Standpunkte der Hygiene. Czernowitz 1887.
Die Ueberbürdung der Schüler in den Mittelschulen. Mittheilungen des Wiener medicinischen Doctorencollegiums. Wien 1887. Bd. XIII.
Plan und Einrichtung eines Normalschulhauses für die städtischen Volksschulen Dresdens. Gutachten der Dresdener Directoren-Conferenz. Allg. deutsche Lehrerzeitung 1888. p. 403.
Engelhorn, Schulgesundheitspflege. Stuttgart 1888.
Rembold, Schulgesundheitspflege. Tübingen.
Zeitschrift für Schulgesundheitspflege. Herausgeber: Dr. Kotelmann. Hamburg. Von 1888 ab.
Pelmann, Nervosität und Erziehung. Bonn 1888.
Teale, Lebensgefahr im eigenen Hause. Kiel 1888.
Key, Axel, Schulhygienische Untersuchungen. Deutsch von Burgerstein. Hamburg 1888.
Verhandlungen des internationalen Congresses für Feriencolonien und verwandte Bestrebungen der Kinderhygiene in Zürich. Hamburg 1888.
Die Schulgesundheitspflege auf dem Wiener Congresse für Hygiene und Demographie. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1888. p. 36 ff.
Hertel, Neuere Untersuchungen über den allgemeinen Gesundheits-

zustand der Schüler und Schülerinnen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1888. p. 167 ff.

Gleitsmann, Die ländlichen Volksschulen des Kreises Zauch-Belzig in gesundheitlicher Beziehung. Berlin 1888.

Lange, Zur Schulgesundheitspflege. Monatsbl. f. öff. Gesundheitspfl. Braunschweig 1888. p. 127 ff.

Cohn, Einiges über Schulhygiene in Constantinopel. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1888. p. 11 ff.

Hinträger, Ein deutsches Schulhaus vor 250 Jahren. Ebenda. 1888. p. 142.

Erismann, Die Schulhygiene auf der Jubiläumsausstellung der Gesellschaft für Beförderung der Arbeitsamkeit in Moskau. Ebenda. 1888. p. 347.

Burgerstein, Die Schulgesundheitspflege auf dem internationalen Congress für Hygiene und Demographie in Wien. Ebenda. 1888. p. 36.

Uebersicht der schulhygienischen Gesetzes- und Verordnungsbestimmungen in der Schweiz. Zusammengestellt vom Archivbureau der schweizerischen permanenten Schulausstellung in Zürich. Bern 1888.

Fünf Tafeln Entwürfe für ländliche Volksschulhäuser. Entworfen im preussischen Cultusministerium. Dazu Erläuterungen. Ministerialerlass vom 4. Januar 1889. Berlin 1889.

Behnke, Schmitt u. A. Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst. Im Handbuch der Architektur. 4. Theil. VI. Halbband. 1. Heft. Darmstadt 1889.

Cohn, H., Siegert und Coën, Zur Schulgesundheitspflege. Bielefeld 1889.

Daiber, Die Schreib- und Körperhaltungsfrage. Stuttgart 1889.

v. Hippel, Ueber den Einfluss hygienischer Massnahmen auf die Schulmyopie. Giessen 1889.

Kirchner, Untersuchungen über die Entstehung der Kurzsichtigkeit. Zeitschrift für Hygiene. 1889. Bd. VII. p. 397—505.

Raydt, H., Ein gesunder Geist in einem gesunden Körper. Englische Schulbilder in deutschem Rahmen. Hannover 1889.

Uffelmann, Die hygienische Bedeutung des Sonnenlichts. Wiener Klinik. 1889. 3. Heft.

Staffel, Die menschlichen Haltungstypen in ihren Beziehungen zu den Rückgratverkrümmungen. Wiesbaden 1889.

Tauffer, Aerztlicher Bericht über die hygienischen Verhältnisse der ungarischen Staatsoberrealschule in Temesvár. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege. 1889. p. 109.

Schmidt, F. A., Zur Ueberbürdungsfrage in Frankreich. Ebenda. 1889. p. 157.

Burgerstein, Untersuchung der höheren Töchterschulen Schwedens, besonders in schulhygienischer Beziehung. Ebenda. 1889. p. 635.

Wirenius, Schulhygienisches vom dritten Congress der Gesellschaft russischer Aerzte. Ebenda. 1889. p. 273 ff.

Aus den Verhandlungen des internationalen Congresses für Hygiene und Demographie in Paris. Ebenda. 1889. p. 552.

Die Gesundheitspflege in der Volksschule. Praktische Vorschriften und Rathschläge für Lehrer und Schulaufsichtsbeamte. Düsseldorf 1889.

Hinträger, Volksschulbauten in der Schweiz und in Italien. (Selbstverlag.) Wien 1889.

Schmidt-Rimpler, Zur Frage der Schulmyopie. Graefe's Archiv. 1889. Bd. XXXV. 4. Abth. p. 249 ff.
Schmitz, Gesundheitslehre für Eltern, Geistliche und Lehrer. Aachen 1889.
Baukunde des Architekten. Berlin 1890.
Janke, Grundriss der Schulhygiene. Hamburg 1890.
Cohn, H., Ueber den Einfluss hygienischer Massregeln auf die Schulmyopie. Hamburg 1890.
Dornblüth, Hygiene der geistigen Arbeit. Breslau 1890.
Kotelmann, Die Gesundheitspflege im Mittelalter. Hamburg 1890.
Eitner, Die Jugendspiele. Ein Leitfaden bei der Einführung und Uebung von Turn- und Jugendspielen. Leipzig 1890.
Schmidt, F. A., Die Staubschädigungen beim Hallenturnen und ihre Bekämpfung. Leipzig 1890.
Kotelmann, Die hygienische Fürsorge des deutschen Kaisers für die Schuljugend. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1890. Bd. III. p. 265.
Loewenthal, Der erste Schritt auf einem neuen Wege zur hygienischen Schulreform. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1890. Bd. III, p. 265.
Schuschny, Schulhygienische Bestrebungen in Ungarn. Wien 1890.
Eulenburg, Nervenfeinde in Schule und Haus. Berlin 1890.
Erismann, Das Musterschulzimmer. Internationale medicinisch-wissenschaftliche Ausstellung in Berlin. 1890.
Burgerstein, Ueber hygienische Untersuchung der Schulverhältnisse. Wiener klinische Wochenschrift. 1890. Nr. 50.
Wingerath, Kurzsichtigkeit und Schule. Berlin 1890.
Schmidt-Rimpler, Schule und Auge. Breslau.
Schmidt-Rimpler, Die Schulkurzsichtigkeit und ihre Bekämpfung. Leipzig 1890.
Westin, Ueber neuere Schulbauten in Stockholm. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1890. Bd. III, p. 248.
Nesteroff, Die moderne Schule und die Gesundheit. Ebenda. 1890. p. 213.
Hakonson-Hansen, Entwickelung und gegenwärtiger Zustand der Schulgesundheitspflege in Norwegen. Ebenda. 1890. p. 633.
Kotelmann, Francis Warners Bericht über die ärztliche Untersuchung von vierzehn Londoner Schulen. Ebenda. 1890. p. 697.
Janke, Die Schulhygiene auf der Ausstellung zum VIII. deutschen Lehrertage in Berlin. Ebenda. 1890. p. 457.
Kopecny, Die Aufgabe der körperlichen Erziehung in der Schule mit besonderer Berücksichtigung der Wiener Verhältnisse. Ebenda. 1890. p. 532.
Rosenthal, Vorlesungen über die öffentliche und private Gesundheitspflege. Erlangen 1890.
Ufer, Nervosität und Mädchenerziehung in Haus und Schule. Wiesbaden 1890.
Eulenburg, Nervenfeinde in Schule und Haus. Berlin 1890.
Flügge, Grundriss der Hygiene. Leipzig 1891.
Dammer, Handwörterbuch der öffentlichen und privaten Gesundheitspflege. Stuttgart 1891.
Felix, Sorget für die Gesundheit der Schüler! Berlin 1891.
Hoffmann, Lehrbuch der Schulgesundheitspflege. Langensalza 1891.
v. Zehender, Vorträge über Schulgesundheitspflege. Stuttgart 1891.
Hinträger, Das moderne Volksschulhaus. Wien 1891.

Ingenieur- und Architektenverein in Wien, Entwurf von Bestimmungen über den Bau und die Einrichtung von Gebäuden für öffentliche Volks- und Bürgerschulen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1891. Bd. IV, p. 97 ff.

Fizia, Die Schulgesundheitspflege in dem politischen Bezirke Teschen. Ebenda. 1891. p. 463 ff.

Gutachten des k. k. Sanitätsrathes in Wien, betreffend die Einrichtung der Schulhäuser und die Gesundheitspflege in den Schulen. Ebenda. 1891. p. 377.

Hürlimann, Ueber Gesundheitspflege in Fröbel's Kindergärten. Im Bericht über die 4. Hauptversammlung der schweizerischen Kindergartengesellschaft. Winterthur 1891.

Mangenot, L'Hygiène dans les écoles primaires publiques de Londres. Revue d'Hygiène 1891.

Schulgesundheitsregeln, aufgestellt von der Regierung zu Bromberg. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1891. p. 597.

Burgerstein, Die hygienische Revision der Mittelschule. Oesterr. Mittelschule 1891, Heft 2.

Hakonson-Hansen, Zur Bekämpfung der Tuberculose in den Schulen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1891. p. 292.

Burgerstein, Ueber hygienische Untersuchung der Schulverhältnisse. Ebenda. 1891. p. 239.

Kotelmann, Die Kinder- und Schulhygiene auf dem VII. internationalen Congress für Hygiene und Demographie in London. Ebenda. 1891. p. 565 ff.

Medicinisch-pädagogische Monatsschrift für die gesammte Sprachheilkunde mit Einschluss der Hygiene der Lautsprache. Von Albert Gutzmann und Dr. Hermann Gutzmann. Von 1891 ab. Berlin.

Budde, Versuche über die Verunreinigung der Luft in bewohnten Räumen durch undichte Fussböden. Zeitschrift für Hygiene und Infectionskr. 1892. Bd. XII, p. 227.

Janke, Die Literatur der Schulhygiene. Gotha 1892.

Köhler, Die Schulgesundheitspflege. Ravensburg 1892.

Schuschny, Ueber Schulhygiene in Ungarn. Leipzig 1892.

Brücke, Wie behütet man Leben und Gesundheit der Kinder? Wien 1892.

Dornblüth, Die Gesundheitspflege der Schuljugend. Stuttgart 1892.

Cohn, H., Lehrbuch der Hygiene des Auges. Wien 1892.

Hinträger, Bau und Einrichtung von Pflege- und Erziehungsanstalten für die Jugend des vorschulpflichtigen Alters. Wien 1892.

Mangenot, Les bains et la natation dans les écoles primaires communales de Paris. Extrait de la „Revue d'Hygiène“ 1892.

Kloesel, Erziehungs- und Unterrichtslehre. 1. Thl. Die leibliche Erziehung. Posen 1892.

Zimmermann, Vorschläge zu einer natur- und zeitgemässen Reform unserer städtischen Volks- und Mittelschulen. Frankfurt a. M. 1892.

Ewald, Schweizerische Volksschulen und Kindergärten. Bericht über eine Studienreise. Als Manuscript gedruckt. Berlin 1892.

Kühner, Der Lehrer als Wächter der Gesundheit. Neuwied 1892.

Hintz, Hygiene und Erziehung. Ihre Anwendung zur wirksamen Bekämpfung des Idiotismus. Pädagogium 1892. Nr. 12.

Mangelhaftigkeit gesundheitlicher Einrichtungen in schweizerischen Volksschulen. Schweizer Blätter für Gesundheitspfl. 1892. p. 315.

Kollmann, Die Schulreform in Deutschland vor dem Forum der Hygiene. Deutsche Revue. 1892. p. 120.
Kübler, Zur Schulhygiene. Zeitschr. f. d. Gymnasialw. 1892. Nr. 1.
Prausnitz, Gründzüge der Hygiene. München 1892.
Laffon, Hygiène et salubrité de l'école. Paris 1892.
Blattner, Neue Schulbauten, Ansichten mit Grundriss nebst Text. Frankfurt a. M. 1893. Selbstverlag.
Klette, Der Bau und die Einrichtung der Schulgebäude. Karlsruhe 1893.
Lang, Die Forderungen der Schulhygiene. Berlin 1893.
Richter, Grundriss der Schulgesundheitspflege. Berlin 1893.
Perlia, Leitfaden der Hygiene des Auges. Hamburg 1893.
Wolffhügel, Zur Lehre vom Luftwechsel. München 1893.
Burgerstein, Hygienische Fortschritte der österreichischen Mittelschulen seit 1890. Wien 1893.
v. d. Lage und Kotelmann, Wie sorgt die höhere Mädchenschule für die körperliche Ausbildung ihrer Zöglinge? Zeitschrift für weibliche Bildung 1893. XXI. p. 322 ff.
Hertel, Die Schulhygiene in der XIV. Versammlung skandinavischer Naturforscher und Aerzte. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1893. Bd. VI, p. 28.
Burgerstein, Schulhygienisches aus den Verein. Staaten. Ebenda. 1893. p. 75.
Hagmann, Die Gymnastik als Hilfsmittel der physischen Erziehung. Ebenda 1893. p. 249.
Stilling, Die Myopiefrage mit besonderer Rücksicht auf die Schule. Ebenda 1893. p. 377.
Perlia, Leitfaden der Hygiene des Auges. Hamburg 1893.
Kynast, Das Volksschulwesen Breslaus im Schuljahre 1891/92 mit besonderer Rücksicht auf die Gesundheitspflege. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1893. p. 542.
Schmidt, Die Leibesübungen nach ihrem körperlichen Uebungswerth dargestellt. Leipzig 1893.
Gieseking, Die Körperhaltung und ihre Folgen bei den Schulkindern. Bielefeld 1893.
Tauffer, Amtlicher Bericht über das Schuljahr 1892/93 an der Staatsoberrealschule in Temesvár. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1893. p. 664.
Ludwig und Hülssner, Neue Schulhäuser. Eine Sammlung ausgeführter Entwürfe öffentlicher Schulbauten. Stuttgart 1893.
Müller, Die schlechte Haltung der Kinder und deren Verhütung. Berliner klinische Wochenschrift. 1893. p. 828.
Gesundheitsbüchlein. Bearbeitet im Kaiserlichen Gesundheitsamte. Berlin 1894.
Ministerial-Erlass vom 31. Mai 1894, betreffend allgemeine Vorschriften für die über das Ziel der Volksschule hinausgehenden Mädchenschulen. Centralblatt für die gesammte Unterrichtsverwaltung in Preussen. 1894. p. 491.
Rietschel, Der Stand der wissenschaftlichen und praktischen Wohnungshygiene in Beziehung zur Luft. Gesundh.-Ing. 1894. Bd. XVII. Nr. 7.
Uffelmann, Bauhygiene. In Eulenburg's Realencyclopädie der gesammten Heilkunde. Wien 1894. Bd. III.
Soyka-C. Günther, Boden. Ebenda.
Keesebiter, Zur Hygiene unserer Jugend in Schule und Haus. Berlin 1894.
Schiller, Die schulhygienischen Bestrebungen der Neuzeit. Frankfurt a. M. 1894.

Leitich und Frank, Pädagogischer Literaturbericht. Wien 1894.
Kraepelin, Ueber geistige Arbeit. Jena 1894.
Jacusiel, Gesundheitsgemässe Erziehung der Jugend. Medic. Reform. 1894. Nr. 15, 16.
Mosso, Die körperliche Erziehung der Jugend. Deutsch von J. Glinzer. Hamburg 1894.
Altschul, Die Frage der Ueberbürdung unserer Schuljugend vom ärztlichen Standpunkte. Wien 1894.
Hanausek, Lehrbuch der Somatologie und Hygiene für Lehrer- und Lehrerinnenbildungsanstalten. Prag 1894.
Bertram, Die hygienischen Einrichtungen in amerikanischen Schulen. Hygienische Rundschau IV. p. 564.
Hakonson-Hansen, Schulhygienische Untersuchungen in Norwegen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1894. Bd. VII, p. 210.
Meyrich, Zur Hygiene der Schüler in der elterlichen Wohnung. Ebenda. 1894. p. 264.
v. Wirenius, Programm zur Erforschung des hygienischen Zustandes der Lehranstalten, des Unterrichts und der Lernenden. Ebenda. 1894. p. 321.
Meyrich, Die Staubplage in der Schule und Vorschläge zu ihrer Beseitigung. Ebenda. 1894. p. 452.
Waetzold, Ueber die Schulausstellung in Chicago. Ebenda. 1894. p. 272.
Hergel, Die Schulhygiene. Ebenda. 1894. p. 554.
Vandenesch, Die Gesundheitspflege in der preussischen Volksschule. Dortmund 1894.
Cohn, Was kann die Schule gegen die Masturbation der Kinder thun? Berlin 1894.
Bresgen, Die Ursachen des nervösen Kopfschmerzes der Schulkinder. Wien 1894.
Rein, Encyclopädisches Handbuch der Pädagogik. 5 Bde. Langensalza 1895—1898.
Burgerstein und Netolitzky, Handbuch der Schulhygiene. 16. Lieferung des Handbuchs der Hygiene von Weyl. Jena 1895.
Euler, Encyclopädisches Handbuch des gesammten Turnwesens und der verwandten Gebiete. 3 Bde. Wien 1895.
Wehmer, Grundriss der Schulgesundheitspflege unter Zugrundelegung der für Preussen gültigen Bestimmungen. Berlin 1895.
Kotelmann, Ueber Schulgesundheitspflege. Im Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen von Baumeister. Bd. II. 2. Abth. p. 260—397. München 1895.
Kraepelin, Zur Hygiene der Arbeit. Jena 1895.
Rubner, Lehrbuch der Hygiene. Systematische Darstellung der Hygiene und ihrer wichtigsten Untersuchungsmethoden. Leipzig 1895.
Hartmann, Arzt und Schulgesundheitspflege. Deutsche Aerzte-Zeitung. 1895. Nr. 21.
Leitsätze der Schulgesundheitspflege. Deutsche Aerzte-Zeitung. 1895. Nr. 21 u. ff.
Brückner, Erziehung und Unterricht vom Standpunkte der Socialpolitik. Berlin 1895.
Mangenot, Essai d'Hygiène des constructions scolaires. Extrait de la „Revue d'Hygiène“ 1895.
Bennstein, Die Einrichtung und Ausstattung der einklassigen Schule

mit den besten der vorhandenen Lehrmittel und Schulausstattungsgegenstände. Berlin 1895.
Schuschny, Ueber die Nervosität der Schuljugend. Jena 1895.
Solbrig, Die hygienischen Anforderungen an ländliche Schulen. Frankfurt a. M. 1895.
Hakonson-Hansen, Die hygienischen Untersuchungen in einer Anzahl höherer Schulen Norwegens. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1895. Bd. VIII, p. 520.
Felix, Zur Schulhygiene in Rumänien. Ebenda. 1895. p. 667.
Langerhans, Ueber den Bau und die innere Einrichtung ländlicher Schulgebäude vom gesundheitlichen Standpunkte aus. Ebenda. 1895. p. 221.
Ewer, Die seitlichen Rückgratverkrümmungen und deren Verhütung. Berlin 1895.
Marcus, Zur neuen schulhygienischen Literatur. Deutsche Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. 1895. Bd. XXVII. Heft 4.
Marcuse, Ein Beitrag zur Schulhygiene. Gesundheit. 1895. p. 113 ff.
Hinträger, Die Volksschulhäuser in den verschiedenen Ländern. I. Volksschulhäuser in Schweden, Norwegen, Dänemark und Finnland. Darmstadt 1895.
Eulenberg und Bach, Schulgesundheitslehre. Das Schulhaus und das Unterrichtswesen. 2. Aufl. Berlin 1896.
v. Esmarch, E., Hygienisches Taschenbuch. Berlin 1896.
Janke, Die schulhygienische Abtheilung auf der Berliner Gewerbeausstellung. Hygienische Rundschau. 1896. Nr. 19.
Schmidt, K., Heizung und Ventilation. In Weyl's Handbuch der Hygiene. Jena 1896.
Weber, Aerztliche Rathschläge für Schule und Haus. Berlin 1896.
Die Kinderfehler. Zeitschrift für pädagogische Pathologie und Therapie in Haus, Schule und socialem Leben. Herausgegeben von Koch, Ufer, Zimmer und Trüper. Von 1896 ab.
Aenstoots, Gesundheitspflege in Schule und Haus. Oberhausen 1896.
Hochsinger, Gesundheitspflege des Kindes im Elternhause. Wien 1896.
Comptes-rendus et mémoires. Huitième Congrès internationale d'Hygiène et de Démographie, tenu à Budapest 1894. 5 vol. Budapest 1896.
Schwarz, Die seitlichen Verkrümmungen der Wirbelsäule und deren Verhütung. Hamburg 1896.
Suck, Die Schulhygiene auf der Berliner Gewerbeausstellung 1896. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1896. p. 452.
Schuschny, Die Ueberbürdungsfrage im Kgl. ungarischen Landesunterrichtsrathe. Ebenda. 1896. p. 24.
Kotelmann, Schulhygiene in England. Ebenda. 1896. p. 27 ff.
Schulhygienisches aus den diesjährigen Verhandlungen des preussischen Abgeordnetenhauses über das höhere Unterrichtswesen. Ebenda. 1896. p. 528.
Sack, Die schulhygienische Abtheilung der Ausstellung auf dem zweiten russischen Congress für technische und professionelle Ausbildung in Moskau. Ebenda. 1896. p. 590.
Januschek, Einige Daten zur gesundheitsgemässen Regelung unserer Schulverhältnisse. Zeitschr. f. das Realschulwesen. Bd. XIX. Heft 11.
Schiller und Ziehen, Sammlung von Abhandlungen aus dem Gebiete der pädagogischen Psychologie und Physiologie. Berlin 1897.
Kraepelin, Zur Ueberbürdungsfrage. Jena 1897.

Hakonson-Hansen, Das neue Gesetz, betreffend die höheren Schulen in Norwegen mit besonderer Berücksichtigung der in denselben enthaltenen hygienischen Bestimmungen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1897. p. 399.

Schmid-Monnard, Die chronische Kränklichkeit in unseren mittleren und höheren Schulen. Ebenda. 1897. S. 593.

Sack, Schulhygienisches vom XII. internationalen medicinischen Congress in Moskau. Ebenda. 1897. p. 621.

Zur Förderung der Schulhygiene in Dänemark. Eingabe des allgemeinen Vereins dänischer Aerzte. Ebenda. 1897. p. 686.

Erster Theil.

Das Schulgebäude* und seine Einrichtung.

*) In den bautechnischen Abschnitten mit Unterstützung durch Herrn Wendorff, königlichen Kreisbauinspector in Graudenz, bearbeitet. — Ein Theil der Bauzeichnungen ist mir aus dem Hochbauamt des Magistrats der Stadt Berlin gütigst zur Verfügung gestellt worden. Der Verf.

Schulbau-Literatur.

(Dies Verzeichniss berücksichtigt die Abschnitte: Allgemeine Anlage der Schulbauten. Das Schulgebäude. Das Schulzimmer.)

Buchanan, Ueber den Baugrund der Wohnhäuser. Deutsche Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. Bd. I, 1869.

v. Haselberg, Ueber den Baugrund der Wohnhäuser. Ibid. Bd. II, p. 35.

Alexander Müller, ibidem idem. Bd. II, p. 35.

Hunt, Hygienische Bedeutung des Baugrundes. Public Health III. 1875.

Lissauer, Hygienische Studien über Bodenabsorption. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. Bd. VIII.

Renk, Grundluft und Boden. Ibid. p. 691.

Stahl, Schulgebäude und Schulgeräthschaften. Schmid's Allgem. Encyclopädie des Erziehungs- und Unterrichtswesens.

Fodor, Experimentelle Untersuchungen über Boden und Bodengase. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. Bd. VII.

Port, Beobachtungen über den Kohlensäuregehalt der Grundluft. Bayer. ärztl. Intelligenzblatt XXII, 9.

Reclam, Volksschulhaus. Gesundheit I, p. 7.

Reed, Charles, Schulgebäude und ihre Lage. Sanitary Record III, p. 296.

Schülke, Grashof, Jäger und Schmidt, Das Schulgebäude. Niederrh. Corresp.-Bl. f. öff. Gesundheitspfl. IV, p. 121.

Krausholz, Aug., Detailpläne der österr. Musterschule f. Landgemeinden. 2. Aufl. Wien 1873. Lehmann und Wentzel.

Erismann, Project eines Musterschulzimmers. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. VIII, p. 642.

Schülke, Volksschule in Duisburg. Niederrh. Corresp.-Bl. V, p. 145.

Göppert, Ueber einige den Boden austrocknende Pflanzen. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. IX, p. 718.

Hill, Octavio, Freie Plätze. Sanitary Record VI.

Schmidt, G., Ueber den Einfluss des Bodens der Wohnungen auf die Gesundheit. Med. chirurg. Centralbl. XII, p. 22, 33.

Smolensky, Kohlensäuregehalt der Grundluft. XIII, p. 383.

Untersuchung des Untergrundes der Gebäude. Gesundheit II.

Bestimmungen über den Bau und die Einrichtung der Schulhäuser in Hessen. Gesundheit II.

Gariel, C. M., Tagesbeleuchtung in den Schulen. Ann. d'Hygiène XLVIII, p. 453.

Hittenkofer, Neuere Schulgebäude. Leipzig. Scholtze.

Jablanczy, Der Schulgarten der Volksschule am Lande. Wien 1879. Gerold's Sohn.
Volksschulgebäude zu Nordhausen. Thür. ärztl. Corresp.-Bl. VII, p. 177.
Perrin, E. R., Die Schulabtritte und deren Reform etc. Bullet. de la soc. méd. publ. I, p. 444, 586.
Riant, A., Abtrittanlagen in Schulen. Ann. d'Hygiene I, p. 142.
Trélat, Hygiene des Schulhauses. Rev. scient. XVII, p. 418.
Javal, Bericht über die Beleuchtung in den Schulzimmern. Congr. intern. de l'enseignement. Bruxelles. 61. Sect., p. 17.
Landolt, Einfache Methode, die Erleuchtung der Schulzimmer zu messen. Congr. intern. d'Hygiène en 1878, II, p. 122.
Lundy, Licht in den öffentlichen Schulen und der Einfluss der Schule auf die Augen. Sanitarium VIII, p. 163.
Narjoux, Bericht über die Beleuchtung der Schulzimmer. Congr. intern. de l'enseignement. Bruxelles. 6. Sect., p. 25.
Pini, Schulabtritte. Giorn. della Soc. ital. d'igiene II, p. 134.
Idem ibidem. Hygiene der Schulgebäude.
Schülke, Volksschulbauten. Niederrh. Corresp.-Bl. f. öff. Gesundheitspfl. IX, p. 136.
Neues Bezirks-Schulgebäude in Mainz. Deutsche Bauzeitung XIV, p. 245.
Oeffentliche Schulgebäude. Rep. of the Health. Dep. of Cincinn. XIII, p. 100.
Trélat, Hauptsächlichste hygienische Bedingungen für die Errichtung von Schulgebäuden. Congr. intern. de l'enseignement. 61. Sect., p. 1.
Briggs, The hygienic construction of the Bridgeport high school. Bridgeport 1881.
Laynaud, Einseitige Beleuchtung der Schullocale. Revue d'Hygiène. Paris. III, p. 1021.
Trélat, Vertheilung des Lichtes in den Schulen. Bull. de la soc. de méd. publ. II, p. 185.
Hittenkofer, Der Schulhausbau. Leipzig 1875. 2. Aufl. 1886. (Deutsche bautechnische Taschenbibliothek.)
Die allgemeinen Bestimmungen vom 15. Oct. 1872, betreffend das Volksschulwesen in Preussen. Vom preuss. Cultusministerium. Erläutert von Förster. Berlin 1881.
Aerztliches Gutachten über das höhere Schulwesen Elsass-Lothringens. Erstattet von einer medicinischen Sachverständigencommission. Strassburg i. E. 1882.
Port, Bericht über das erste Decennium der epidemiologischen Beobachtungen in der Garnison München. Archiv f. Hygiene. 1883. I, p. 63 bis 120.
Pfeiffer, Cholerabacillus, Grundwasser und Bodenwärme. Centralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1884. Bd. VII, p. 371.
Aerztliches Gutachten über das Elementarschulwesen Elsass-Lothringens. Erstattet von einer medicinischen Sachverständigencommission. Strassburg i. E. 1884.
Förster, Einige Grundbedingungen für gute Tagesbeleuchtung in den Schulen. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. 1884. Bd. XVI, p. 423 ff.
Recknagel, Vortheile und Nachtheile der Durchlässigkeit von Mauern und Zwischenböden der Wohnräume. Deutsche Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. 1885. Bd. XVII, Heft 1.
Hartig, Robert, Der echte Hausschwamm. Berlin 1885.

Festschrift der Stadt Berlin für die 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte: Das städtische Schulwesen. p. 335—386. 1886.

Bauinstruction über Anlage und Einrichtung von Schulgebäuden. Anweisung der Regierung zu Breslau v. 22. März 1884. Breslau 1886.

Schneider und v. Bremen, Das Volksschulwesen im preussischen Staate. Berlin 1886.

Rietschel, Lüftung und Heizung von Schulen. 1886.

Hinträger, Der Bau und die innere Einrichtung von Schulgebäuden für öffentliche Volks- und Bürgerschulen. Wien 1887.

Erismann, Die Hygiene der Schulen. Im Handbuch der Hygiene und Gewerbekrankh. von v. Pettenkofer u. Ziemssen. 1887. 2. Thl. 2. Abth.

Tischler, Das ländliche Volksschulhaus vom Standpunkte der öffentlichen Gesundheitspflege. München 1887.

Teale, Lebensgefahr im eigenen Hause. Kiel 1888.

Nussbaum, Zur Orientirung der Schulzimmer. Zeitschrift f. Schulgesundh. 1888. Bd. I, p. 70.

Plan und Einrichtung eines Normalschulhauses für die städtischen Volksschulen Dresdens. Gutachten der Dresdener Directorenconferenz. Allgemeine deutsche Lehrerzeitung. 1888. p. 403.

Huth, Tageslichtmessungen in Berliner Schulen. Zeitschrift f. Schulgesundh. 1888. p. 457 ff.

Gleitsmann, Die ländlichen Volksschulen des Kreises Zauch-Belzig in gesundheitlicher Beziehung. Berlin 1888.

Fraenkel, C., Grundwasser und Bacterien. Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft f. öff. Gesundheitspflege in Berlin. 1888. p. 80.

Uffelmann, Die hygienische Bedeutung des Sonnenlichts. Wiener Klinik. 1889. 3. Heft.

Fünf Tafeln Entwürfe für ländliche Volksschulhäuser. Entworfen im preussischen Cultusministerium. Dazu: Erläuterungen. Ministerialerlass vom 4. Januar 1889. Berlin.

Behnke, Schmitt u. A., Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst. Im Handbuch der Architektur, 4. Theil, VI. Halbband, 1. Heft. Darmstadt 1889.

Kirchner, Untersuchungen über die Entstehung der Kurzsichtigkeit. Zeitschr. f. Hygiene. 1889. Bd. VII, p. 397 ff.

Baukunde des Architekten. Berlin 1890. Toeche.

Ingenieur- und Architektenverein in Wien, Entwurf von Bestimmungen über den Bau und die Einrichtung von Gebäuden für öffentliche Volks- und Bürgerschulen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1891. Bd. IV, p. 97 ff.

Kirchner-Wahnschaffe, „Boden" und „Grundwasser". In Dammer, Handwörterbuch der Gesundheitspflege. Stuttgart 1891.

Flügge, Grundriss der Hygiene. Leipzig 1891.

Hinträger, Das moderne Volksschulhaus. Wien 1891.

Gutachten des k. k. obersten Sanitätsrathes in Wien, betreffend die Einrichtung der Schulhäuser. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1891. Bd. IV, p. 377 ff.

Gaul, Die Hartgypsdielen. Ein neues Baumaterial. Quedlinburg 1891.

Gittermann, Der Bau des Neuen Gymnasiums zu Braunschweig. Zeitschrift f. Schulgesundh. 1891. p. 492.

Rothbuchener Stabfussboden. Baugewerks-Zeitung. 1892. Nr. 102.

Gaul, Die Monier'sche Bauweise. Eisengerippe mit Cementumhüllung. Magdeburg 1892.

Janke, Die Beleuchtung der Schulzimmer. Langensalza 1892.
Hinträger, Bau und Einrichtung von Pflege- und Erziehungsanstalten für die Jugend des vorschulpflichtigen Alters. Wien 1892.
Nussbaum, Ch., Der Einfluss der Baustoffe und Herstellungsweisen auf die Trockenheit der Wohnungen. Gesundheits-Ingenieur. 1892. Bd. XV, p. 777.
Budde, Versuche über die Verunreinigung der Luft in bewohnten Räumen durch undichte Fussböden. Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankh. 1892. Bd. XII, p. 227.
Blattner, Neue Schulbauten, Ansichten mit Grundriss nebst Text. Frankfurt a. M. 1893. Selbstverlag.
Klette, Der Bau und die Einrichtung der Schulgebäude. Karlsruhe 1893.
Richter, Grundriss der Schulgesundheitspflege. Berlin 1893.
Wolffhügel, Zur Lehre vom Luftwechsel. München 1893.
v. Kerschensteiner, Zur Hygiene der Schultreppen. Vortrag. Zeitschrift f. Schulgesundh. 1894. p. 88 ff.
Uffelmann, „Bauhygiene“ in Eulenburg's Realencyclopädie der gesammten Heilkunde. Wien 1894. Bd. III.
Soyka-C. Günther, „Boden“. Ebenda.
v. Esmarch, E., Ueber Sonnendesinfection. Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankh. 1894. Bd. XVI, p. 257.
Ministerialerlass vom 31. Mai, betreffend allgemeine Vorschriften für die über das Ziel der Volksschule hinausgehenden Mädchenschulen. Centralbl. f. d. gesammte Unterrichtsverwaltg. in Preussen. 1894. p. 491.
Rietschel, Der Stand der wissenschaftlichen und praktischen Wohnungshygiene in Beziehung zur Luft. Gesundheits-Ingenieur. 1894. Bd. XVII, Nr. 7.
Techow, Fussboden aus Rothbuchenholz. Centralbl. der Bauverwaltung. 1894. Bd. XIV, Nr. 7.
Leitich und Frank, Pädagogischer Literaturbericht. Wien 1894.
Burgerstein-Netolitzky, Handbuch der Schulhygiene. In Weil's Handbuch der Hygiene. Jena 1895.
Wehmer, Grundriss der Schulgesundheitspflege. Berlin 1895.
Rubner, Lehrbuch der Hygiene. Leipzig 1895.
Pavillonbauten für Schulen in Ludwigshafen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1895. p. 696.
Hinträger, Ueber Kleiderablagen in Schulen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1896. p. 633.
Hinträger, Das moderne Volksschulhaus. 8. Congress für Hygiene und Demographie in Budapest. 1896. Bd. III, p. 386.
Kruse, Ueber die hygienische Bedeutung des Lichtes. Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankh. Bd. XIX, 2. Heft.
v. Esmarch, E., Hygienisches Taschenbuch. Berlin 1896.
Baupolizeiordnung für den Stadtkreis Berlin vom 15. August 1897. Berlin 1897.
Nussbaum, Die Vorzüge der Schulgebäude und -Anlagen im Pavillonsystem. Verhandl. des deutschen Vereins f. öff. Gesundheitspfl. in Karlsruhe 1897.
Zur Hygiene der Elementarschulen Hamburgs. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1897. p. 273 ff.
Erismann, Die künstliche Beleuchtung der Schulzimmer. Ebenda. 1897. p. 529.

Allgemeine Anlage der Schulbauten.

A. Der Bauplatz.

a) Der Baugrund.

Die Voraussetzung für die Mehrzahl der Bestimmungen, welche bei der Schulhygiene in Betracht kommen, ist ein zweckentsprechendes, gesundheitsgemäss gebautes Schulhaus. Daher ist die zweckmässige Bauausführung das Fundament der gesammten Schulhygiene.

Die hygienischen Massnahmen des Schulhausbaues beginnen mit der Untersuchung des Baugrundes. Anscheinend vorzüglich gelegene Bauplätze können schon durch die Untauglichkeit des Baugrundes von der Verwendung zum Schulbau ausgeschlossen werden. Seit v. Pettenkofer's Untersuchungen über den Boden ist man auf denselben mehr und mehr aufmerksam geworden und hat eingesehen, dass die Beziehungen des Bodens zur Gesundheit der Menschen, die ihn bewohnen, so mannigfach und wichtig sind, wie kaum irgend welche anderen aus der gesammten Umgebung derselben.

Die im Baugrunde enthaltene Luft steht, so lange man nicht durch künstliche Mittel dies zu verhindern sucht, mit der Luft unserer Wohnungen in beständigem Austausche; das im Boden enthaltene Grundwasser liefert uns das Trinkwasser; die menschlichen und thierischen Abfallsproducte durchsetzen den Boden und können Grundluft und Grundwasser verunreinigen. Eine Reihe von Infectionskrankheiten, wie Malaria, Typhus u. a. m., sind mit schädlichen Veränderungen des Baugrundes unserer Städte und Dörfer in Verbindung gebracht worden, und wenn auch dieser Zusammenhang noch nicht hinlänglich erforscht ist, so werden einzelne Krankheiten doch geradezu als Bodenkrankheiten bezeichnet. Untauglich ist aber nicht nur der

Boden, welcher directe sanitäre Schädlichkeiten aufweist, sondern der auch von solcher Beschaffenheit ist, dass die Kosten des Unterbaues sehr erheblich werden. Die Beurtheilung der Zweckmässigkeit des Baugrundes für den Schulhausbau hat daher die geologische Beschaffenheit des Bodens, seine Tragfähigkeit, seine Porosität, ferner das Grundwasser, die Bodenluft, die Verunreinigungen und die Mikroorganismen des Bodens zu berücksichtigen.

Die geologische Beschaffenheit des Bodens. Bei dem Bau unserer Häuser kommen fast nur die oberflächlichen Schichten unserer Erdrinde, das Alluvium und Diluvium, in Betracht. Nur ausnahmsweise geschieht es, dass die nächsttiefere Lage, die Tertiärschicht mit ihren Kalkstein-, Sand- und Thonlagern, so zu Tage tritt, um sie als Baugrund zu verwenden. Alluvium und Diluvium bestehen aus Resten verwitterter Gesteine, und diese Trümmer haben sich theils durch Ablagerung aus Flüssen, theils unter der Einwirkung der ausgedehnten Gletscher während der Eiszeit zu mächtigen Kies-, Sand- und Lehmschichten namentlich in den Niederungen und Flussthälern aufgehäuft. Da die meisten Ortschaften an Gewässern, in weidereichen Thälern u. s. w. angelegt sind, so ist das ausschliessliche Vorkommen des Alluviums und Diluviums als Baugrund erklärlich.

Der Boden wird nach der Art des Gesteins, aus welchem er entstanden ist, und nach der Grösse der einzelnen Bestandtheile unterschieden. Der grösste Theil des Alluviums und Diluviums besteht aus Quarz. Haben dessen einzelne Körner einen Durchmesser von mehr als 1 mm, so bezeichnet man die Masse als Kies, bei einem geringeren Durchmesser als Sand, von dem noch wieder grober, mittlerer oder feiner unterschieden wird, je nachdem der Durchmesser der einzelnen Körner 2,0—1,0 mm, 1,0—0,3 mm und weniger als 0,3 mm beträgt. In der Regel enthalten Sand und Kies schlämmbare Substanzen, wie Thon, Lehm, Mergel, Humus u. s. w. Durch diese Beimengungen werden Sand oder Kies zu einer zusammenhängenden Masse vereinigt und bilden dann den bündigen Boden, während sie in dem Falle, wo die einzelnen Körner lose und beweglich bleiben, schüttiger Boden genannt werden. Die Bündigkeit oder Cohärenz des Sandes ist demnach um so grösser, je mehr bindende Substanzen zwischen den einzelnen Quarzkörnern eines Sandgemenges sich befinden.

Nächst dem Quarz ist der zumeist aus kieselsaurer Thonerde sich zusammensetzende Thon ein wesentlicher Bestandtheil des Bodens.

Er besteht aus allerfeinsten Theilchen von noch nicht 0,25 mm Durchmesser. Lehm ist eine Mischung aus Thon und feinem Sande mit geringen Mengen von Eisenoxyd. Mergel besteht aus Thon und kohlensaurem Kalk.

Als geeigneter Baugrund wäre zu empfehlen: Felsboden, Geröll, Kies, bündiger Sand, Thon, Lehm und Mergel, die letzteren drei aber nur dann, je weniger Thon und je mehr Sand bezw. Kalk sie enthalten.

Dem Mineral- oder Rohboden, der nur aus mineralischen Bestandtheilen gebildet ist, steht der Humus- oder Culturboden gegenüber, der mit verwesenden organischen Stoffen (Pflanzenüberresten, menschlichen und thierischen Ausscheidungsproducten) durchsetzt ist.

Die aus festen Gesteinen bestehenden, sowie die von Menschenhand noch nicht berührten Erdschichten heissen gewachsener Boden; nur dieser sollte als Baugrund benutzt werden. In grösseren Städten findet man aber fast immer eine oft mehrere Meter tiefe Schicht eines dunkelgefärbten, humusartigen Bodens. Dieser aufgeschüttete Boden ist dadurch entstanden, dass man zur Ausfüllung von Ausschachtungen bei Erdarbeiten, zur Erhöhung tief gelegener Stadttheile Bauschutt und Abfälle aller Art verwandte, und dass man alle Ueberreste der Hauswirthschaften sich selbst überliess. Soll ein solcher Boden als Baugrund verwendet werden, so müssen diese Aufschüttungen bis auf den gewachsenen Boden entfernt werden.

Tragfähigkeit. In Rücksicht auf die Tragfähigkeit des Bodens unterscheiden wir unwandelbaren und beweglichen Boden. Ersterer giebt einen guten, letzterer einen schlechten Baugrund. Zum guten Baugrund wird der Felsboden gerechnet, wenn seine Schichten wenigstens eine Mächtigkeit von einigen Metern haben und wenn dieselben nicht sehr geneigt sind, weil sonst Rutschungen entstehen können. Denselben Ansprüchen muss auch der Kies- und Sandboden genügen, von dem wir ausserdem noch fordern, dass er nicht zu beweglich, zu schüttig ist. Sand, ohne die bindenden schlämmbaren Substanzen, sowie derjenige, in dem die Korngrösse zu gering ist, so dass eine leichte Wegführung durch Wasser oder Wind erfolgen kann (Treibsand, Schwemmsand, Flugsand), liefert keinen gut tragfähigen Boden. Thon und Lehm gelten als guter Baugrund nur bedingungsweise; denn diese Bodenarten besitzen eine gewisse Elasticität, die nach der Menge der von ihnen aufgenommenen Feuchtigkeit wechselt. Wechseln Thon- und Lehmschichten mit anderen Bodenschichten ab, so ist ihr Werth als Baugrund ab-

hängig von der Mächtigkeit der Schichten und von der Neigung derselben; denn selbst eine geringe Schräge dieser Schichten kann Rutschungen herbeiführen. Mischungen von Lehm und Sand haben im Allgemeinen gute Tragfähigkeit; jedoch ist erforderlich, dass Nässe abgehalten wird, weil diese die Tragfähigkeit verringert. Aufgeschütteter Boden von wechselnder Zusammensetzung kann bei ausschliesslicher Beurtheilung nach der Tragfähigkeit sowohl guter als schlechter Baugrund sein. Schlammboden, Moorboden, Sumpfboden, verwitterter Fels haben unzureichende Tragfähigkeit und müssen daher zumeist bis auf den tragfähigen Boden entfernt werden, wenn sie als Baugrund benutzt werden sollen.

Porosität. Die Eigenschaft der Porosität fehlt dem Boden in den seltensten Fällen. Selbst ein festes Gestein ist nicht völlig dicht, sondern enthält eine Menge von feinen Rissen, Spalten, Löchern und Canälen. Namentlich zeigen Kalk- und Sandstein eine ausserordentliche Porosität, die es ermöglicht, grosse Mengen von Flüssigkeiten aufzusaugen. Aber ausser diesen Poren, die sich in jedem Gesteinstheilchen befinden, enthält der gewöhnliche lose Boden noch eine Menge von Zwischenräumen, welche sich zwischen den einzelnen Körnern befinden. Diese Poren sind in hygienischer Beziehung von grösster Wichtigkeit, weil Alles, was sich zwischen den Erdtheilchen befindet, wie Luft, Wasser, Verunreinigungen u. s. w., sich in denselben aufhalten und fortbewegen muss.

Die Gesammtheit der Poren heisst das Porenvolumen, dessen Grösse zunächst davon abhängig ist, ob die Bestandtheile des Bodens annähernd gleich gross oder von ungleicher Grösse sind. Im ersteren Falle nehmen die Poren etwa 35—36 % des ganzen Bodenvolumens ein, und zwar ist es gleich, ob es sich um Kies, Sand oder Lehm handelt, was sich daraus erklärt, dass die kleineren Korngrössen zwar feinere Zwischenräume, aber dafür eine weit grössere Anzahl derselben haben als die gröberen Bodenelemente. Wesentlich kleiner wird das Porenvolumen, wenn verschiedene Korngrössen mit einander vermischt sind, weil dann nämlich die grösseren Poren zwischen den gröberen Elementen durch die feineren Bestandtheile mehr oder weniger ausgefüllt werden. In solchem Falle wird das Porenvolumen geringer, kann sogar bis auf 5—10 % herabgehen, während die Dichtigkeit des Bodens und sein specifisches Gewicht entsprechend grösser werden.

Das Porenvolumen hängt aber nicht allein von der Korngrösse, sondern wesentlich mehr von der Lagerung der Körner ab. Würde

der Boden aus lauter gleich grossen Kügelchen bestehen, so würde das Porenvolumen am kleinsten sein, wenn die Kugeln so gelagert wären, dass je eine immer in der von vier anderen gebildeten Vertiefung läge; das Porenvolumen würde am grössten sein, wenn die Kugeln so aufgeschichtet wären, dass Kugel auf Kugel läge. Natürlich sind zwischen diesen beiden Grenzen viele Uebergänge möglich.

Von der Porengrösse und dem Porenvolumen, sowie von der Anordnung der Poren ist die Durchlässigkeit (Permeabilität) des Bodens für Flüssigkeiten und Gase abhängig. Je grösser die Poren sind, um so ungehinderter können die Luft- und Wasserströmungen im Boden vor sich gehen. Mit dem Kleinerwerden der Poren nimmt die Permeabilität ausserordentlich rasch ab, weil die Widerstände, die sich der Bewegung von Wasser und Luft entgegenstellen, um so grösser werden, je kleiner die Poren sind. Durch eine Bodenschicht von 10 cm Mächtigkeit und 10 qcm Oberfläche sickerten innerhalb 24 Stunden:

bei Sand . .	5760	ccm	Wasser,
„ Lehm .	1674	„	„
„ Thon . .	0,7	„	„

Die wasserhaltende Kraft oder Wassercapacität des Bodens wird ausgedrückt durch die Gewichtszunahme, welche eine Bodenprobe durch Tränken mit Wasser erfährt. Grosse Poren lassen das Wasser einfach durchfliessen, abgesehen von den geringen Mengen, welche durch die Flächenanziehung zurückgehalten werden. Je kleiner die Poren sind, um so grösser ist die Menge des zurückgehaltenen Wassers sowohl seiner absoluten Menge nach als auch procentual von dem Porenvolumen. Bei grobporigem Boden beträgt die Wassercapacität 12—15 % des Porenvolumens, gleich 50 l pro Cubikmeter, bei feinporigem Boden aber 80—85 % des Porenvolumens, gleich 300—350 l pro Cubikmeter. Sind die Poren sehr klein, wie in reinem Thonboden, so wirken sie wie Capillargefässe, indem sie nicht nur das Wasser zurückhalten, sondern es auch ansaugend in die Höhe heben.

Je grösser der Gehalt des Bodens an Humus- und Thonerde ist, um so grösser ist seine Wassercapacität, um so feuchter ist er, und um so leichter setzt er das Gebäude der Durchfeuchtung aus. Ein feuchtes Schulhaus ist aber die Ursache vieler Gesundheitsstörungen, ebenso durch die an Wänden und Möbeln sich bildenden Schimmelwucherungen, welche an sich gefährlich werden können,

zum Mindesten aber die Kohlensäuremenge der Zimmerluft vermehren, als auch dadurch, dass durch Wärmeentziehung zu Erkältungskrankheiten Anlass gegeben ist u. s. w. Damit das Schulhaus nicht unter Feuchtigkeit vom Boden her zu leiden habe, selbst unter Berücksichtigung später zu erwähnender Vorsichtsmassregeln in der Bauausführung, muss von vornherein darauf Bedacht genommen werden, dass der Baugrund porös, für Wasser und Luft gut durchlässig sei und geringe Wassercapacität besitze. Auf diesen Eigenschaften beruht die Trockenheit des Bodens, und dies ist die wichtigste hygienische Forderung an den Baugrund.

Der Boden hat ferner die Eigenschaft, gewisse lösliche Stoffe zurückzuhalten, zu absorbiren. Dies Absorptionsvermögen zeigt sich sowohl anorganischen Stoffen, wie Kali, Kalk, Natron, Magnesia, als auch organischen Stoffen, namentlich Farb- und Riechstoffen, gegenüber.

Grundwasser. Ein Theil des Wassers, welches als „Niederschlag" auf die Erde fällt, dringt in den Boden ein und bildet die Bodenfeuchtigkeit, welche die Poren der oberen Erdschichten mehr oder weniger vollständig anfüllt; aber nur ein Theil des eingedrungenen Wassers verbleibt in Folge der Flächenanziehung in diesen Poren, während ein anderer Theil verdunstet und das übrige tiefer sinkt. Die Grösse der Verdunstung ist bedingt durch die Temperaturverhältnisse der Luft und Luftströmungen, durch die grössere oder geringere Trockenheit der Luft und durch den Gehalt der Erde an organischen Stoffen. Das tiefer sinkende Wasser kommt endlich an eine Stelle, die es nicht zu überschreiten vermag, weil hier Erdschichten liegen, z. B. Thon und Lehm, die seinem Vordringen einen grösseren Widerstand entgegensetzen. Ueber einer solchen relativ undurchlässigen Schicht sammelt sich das Wasser an und erfüllt sämmtliche Poren. Dies so angesammelte Wasser bezeichnet man als Grundwasser. Seine Höhe unterliegt fortwährenden Schwankungen, die von der Masse der meteorologischen Niederschläge, der Verdunstung und von seitlichen Ab- und Zuflüssen bedingt werden; indes sind diese Schwankungen im Ganzen wenig bedeutend. In München betrugen die Unterschiede zwischen Minimal- und Maximalhöhe im Mittel aus den Beobachtungen von 28 Jahren 24,8 cm, in Budapest für 4 Jahre 29,5 cm. Natürlich sind die Bodenschichten, die unmittelbar über dem Spiegel des Grundwassers liegen, sehr wasserreich, weil die feinsten Poren als Capillarröhrchen wirken und so das Wasser in die Höhe heben.

Was den Wasserreichthum des Bodens betrifft, so sind für die hygienische Bedeutung desselben die Arbeiten von Buchanan und Bowditch massgebend, welche nachgewiesen haben wollen, dass in England und Amerika die Bevölkerung in dem Masse mehr von Schwindsucht heimgesucht ist, als sie auf feuchtem Baugrund wohnt. Man wird demnach gut thun, an den Plätzen, welche man für den Bau in Aussicht nimmt, längere Zeit hindurch genaue Grundwassermessungen vorzunehmen, um mit dem etwaigen Maximal- und Minimalstand des Grundwassers im Voraus bekannt zu sein. Ergiebt sich der Baugrund als sehr wasserreich, so wird man denselben entweder völlig aufzugeben haben, was jedenfalls das beste ist, oder man wird Vorkehrungen zu treffen haben, dem Wasserreichthum Abfluss zu verschaffen, den Boden also relativ trocken zu machen; dies geschieht durch einfache Drainage an denjenigen Orten, welche keine Canalisation haben. Wo letztere vorhanden ist, kann durch Unterführung der Canäle bis unter die Kellersohle die Entfernung eines grossen Theils der Bodenfeuchtigkeit ermöglicht werden.

Bei vorhandenen Schulgebäuden kann die Kenntniss des Grundwasserstandes Aufschluss darüber geben, ob bei etwaiger grösserer Feuchtigkeit im Schulhause das Grundwasser die directe Quelle dieses Zustandes sei.

Bodenluft. In 100 Volumina atmosphärischer Luft sind 20,94 Vol. Sauerstoff, 79,02 Vol. Stickstoff, 0,3—0,4 Vol. Kohlensäure und wechselnde Mengen von Wasserdampf enthalten; ausserdem finden sich in ihr Spuren von Ammoniak, salpetriger und Salpetersäure, Ozon, Wasserstoffsuperoxyd u. s. w. (s. Capitel: Die Luft im Freien). In Folge der mannigfachen chemischen Processe, welche im Boden vor sich gehen, wird die Zusammensetzung der hier befindlichen Luft derart beeinflusst, dass sie sich hinsichtlich der Quantität ihrer Bestandtheile wesentlich von der atmosphärischen Luft unterscheidet. Der Stickstoffgehalt der Bodenluft ist zwar derselbe wie in der atmosphärischen Luft, aber der Sauerstoff ist in der Regel vermindert und die Kohlensäure und der Wasserdampf vermehrt.

Aus v. Pettenkofer's mittelst in den Boden getriebener Rohre gewonnenen Bodenluftuntersuchungen ergab sich für München, dass die Bodenluft reich an Kohlensäure und arm an Sauerstoff ist, und dass die Luft aus der oberen Bodenschicht stets weniger Kohlensäure und mehr Sauerstoff enthält als die Luft der tieferliegenden Schichten. Diese Untersuchungen seither wiederholt (Wolffhügel)

und auch in anderen Städten durchgeführt (Lewis und Cunningham, Nichols), hatten wesentlich ähnliche Ergebnisse; zum Mindesten bestätigten sie die Thatsache eines reichen Kohlensäuregehaltes des Erdbodens. Fleck fand

in einer Tiefe von 2 m 19,39 % Sauerstoff und 2,91 % Kohlensäure
„ „ „ „ 4 „ 16,79 „ „ „ 5,56 „ „
„ „ „ „ 6 „ 14,85 „ „ „ 7,96 „ „

Als mittlere Menge der Kohlensäure in der Bodenluft werden 2,54 % angenommen; doch wurden selbst bis zu 20 % gefunden, wobei also ein völliges Verschwinden des Sauerstoffs erfolgt sein muss. Diese Schwankungen im Gehalt der Bodenluft an Sauerstoff und Kohlensäure stimmen wesentlich mit dem Verlauf der Jahrestemperatur überein. Der Kohlensäuregehalt ist am geringsten zu Ausgang des Winters, steigt dann an und erreicht seinen Höhepunkt im Hochsommer, um von da ab den Herbst hindurch bis zum Frühling wieder zu sinken. Auf die wichtige Frage, woher die Kohlensäure im Boden stamme, hatte v. Pettenkofer von vornherein die Vermuthung ausgesprochen, dass sie den Zersetzungsprocessen organischer Reste ihren Ursprung verdanke, und es haben die Untersuchungen der Grundluft der Lybischen Wüste diese Vermuthung bestätigt, da sich erweisen liess, dass der Kohlensäuregehalt der Grundluft in vegetationslosem Wüstenboden in keinem Falle 1 p. m. erreicht, demnach die Bodenluft so zusammengesetzt ist wie die darüber hinwegziehende atmosphärische Luft, während sie da, wo der Boden eine reiche Vegetation zeigte, wie in den Palmengärten der Oasen, 3,15 p. m. betrug. Augenscheinlich sind also auch hier die Reste organischer Materie die Quellen der Luftveränderung, und es wird die letztere in einer gewissen Abhängigkeit stehen von der Masse und der Grösse der stattgehabten Zersetzung und Fäulniss; ebenso lassen die Ergebnisse der Untersuchungen von Nichols und Wolffhügel kaum eine andere Erklärung zu. Bei den Fäulnissvorgängen sind die Mikroorganismen wesentlich betheiligt, weshalb auch der Kohlensäuregehalt durch den Reichthum des Bodens an diesen kleinsten Lebewesen bedingt ist. Eine weitere ausgiebige Kohlensäurequelle sind die Pflanzen- und Pflanzentheile, welche kein Blattgrün enthalten. Da die Vermehrung und Verminderung des vegetativen Lebens und der damit in Verbindung stehende Zersetzungsvorgang von der Temperatur abhängig ist, so erklärt sich daraus auch die Uebereinstimmung zwischen den Schwankungen des

Kohlensäuregehaltes der Bodenluft und dem Gange der Jahres-temperatur.

Wenn nun in den oberflächlichen Erdschichten weniger Kohlensäure gefunden wurde als in den unteren, so scheint dies mit der Theorie der Abhängigkeit der Kohlensäuremenge von dem Reichthum der Vegetation in Widerspruch zu stehen, da doch in den obersten Bodenschichten das reichste organische Leben vorhanden ist. Hier treten nun noch andere Factoren in Wirksamkeit. v. Fodor hat erwiesen, dass die Ansammlung der Kohlensäure im Boden in einer gewissen Tiefe abhängig ist von der Verlangsamung der Luftbewegung. Nimmt man hinzu die Erfahrung über die Diffusionsfähigkeit der Gase und die von v. Pettenkofer experimentell erwiesene Bewegung der Grundluft durch Windströmungen, welche über die Erdoberfläche hinwegstreichen, so leuchtet ein, dass aus den obersten Erdschichten ein Theil der Kohlensäure in die Atmosphäre entweicht. — Wo aber diese Factoren nicht wirksam sind, da muss man annehmen, dass die grössere Verunreinigung des Bodens auch zur reicheren Quelle der Kohlensäureproduction wird, und dass unter gleichen physikalischen Bedingungen der mehr verunreinigte Boden auch die grössere Menge an Kohlensäure enthält.

In der Bodenluft finden sich ferner Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure. Ammoniak, von dem im Mittel 0,10—0,12 % in der Bodenluft gefunden wurden, entsteht bei der unter Mitwirkung der Mikroorganismen erfolgenden Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Substanzen von vorzugsweise animalischem Ursprung. Wo der Boden reich an solchen Stoffen ist, wird auch immer ein grösserer Ammoniakgehalt vorhanden sein. Das Ammoniak wird aber von dem Boden schnell absorbirt und zu salpetriger Säure und Salpetersäure oxydirt. Diese Fähigkeit des Bodens hat aber ihre bestimmten Grenzen. Wenn ihm nämlich zu oft und zu grosse Mengen animalischer Substanzen zugeführt werden, so kann er das Ammoniak nicht mehr oxydiren, so dass ein Theil desselben in freiem Zustande im Boden übrig bleibt und nun in die Bodenluft und das Grundwasser übergeht.

Die Grundluft ist in steter Bewegung; letztere ist bedingt durch die Temperatur, den Luftdruck, den Wind und das Grundwasser, und ihre Grösse steht ferner, wie Renk erwiesen hat, in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit des Bodens. Je tiefer wir in den Boden eindringen, um so mehr erniedrigt sich die Temperatur, welche Thatsache natürlich nur bis zu einer bestimmten Grenze gilt. Bei jeder

Temperaturdifferenz zwischen der Bodenluft und der atmosphärischen Luft findet ein Ausgleich, also eine Luftbewegung statt. Hat die atmosphärische Luft eine niedrigere Temperatur als die Bodenluft, so stellt sich ein aufsteigender Luftstrom ein, der nicht nur die schädlichen Bodengase, wie Kohlensäure, Ammoniak u. s. w., emporführt und der Atmosphäre beimengt, sondern von dem man auch annimmt, dass er in Malariagegenden die die Malaria erzeugenden Mikroorganismen mit sich führe. Stärkere Bewegungen der Bodenluft können durch unsere Wohnungen während der Heizperiode verursacht werden. Da unsere Zimmer nicht als luftdicht geschlossene Räume im physikalischen Sinne anzusehen sind, so wirkt ihre Luft, wenn sie erwärmt ist, ansaugend auf die Aussenluft, also auch auf die Bodenluft, die nun in die Häuser eindringt. Forster hat den Beweis erbracht, dass kohlensäurereichere Luft aus einem Keller in die darüberliegenden Wohnräume drang, und zwar um so mehr, je näher dieselben dem Keller lagen. Man wird sofort verstehen, dass in gleicher Weise wie die Bodenluft an sich, auch zufällig der Bodenluft beigemischte Gase, wie beispeilsweise das Leuchtgas, welches aus undichten Leitungen, oder Canalgase, welche aus undichten Canälen in den Boden strömen, ihren Weg in die Häuser finden und Vergiftungen herbeiführen. Soyka weist auch darauf hin, dass Niederschläge die Poren des nicht von Gebäuden besetzten, also freiliegenden Bodens erfüllen und den Austritt der Bodenluft an diesen Stellen verhindern, während die verbauten Flächen trocken und durchlässig bleiben, so dass die unter erhöhtem Drucke stehende Bodenluft in die Gebäude treten kann. Die Wirkung des Luftdruckes, d. h. des Barometerstandes, auf die Bewegung der Bodenluft ist nur verschwindend; dagegen kann der über den Boden hinstreichende Wind das Aufsteigen der Grundluft begünstigen, indem er diese ansaugt oder indem er auf sie drückt, während auf die von Häusern bedeckten Stellen dieser Druck nicht einwirkt, so dass in letzterem Falle gewissermassen die Bodenluft in die Wohnräume hineingedrückt wird. Endlich hat auch die Veränderung des Grundwasserspiegels Einfluss auf die Bewegung der Bodenluft, indem bei seinem Steigen die Luft aus dem Boden getrieben wird. — Es darf wohl hier schon erwähnt werden, dass man darauf Bedacht nehmen muss, das Haus vor all dergleichen unliebsamen Einströmungen zu schützen, und es geschieht dies am sichersten durch die später zu erwähnende Isolirung mittelst luftundurchlässiger Schichten im Boden und in den Mauern.

Verunreinigungen des Bodens. Von organischen Bestandtheilen ist ein Baugrund in der Regel um so weniger frei, je mehr er im Bereich menschlicher Ansiedelungen sich befindet. Die schmutzigen Abfallsproducte und Dejectionen imprägniren sich in überraschend reichem Masse dem Boden; so hat Fodor in 1000 g aus dem Untergrunde der Häuser in Budapest entnommenen Bodens 12,36 g Stickstoff und 51,4 g Kohlenstoff nachgewiesen und daraus die schmutzigen Beimengungen des Bodens auf nahezu 136 g berechnet. Es ist wohl begreiflich, dass solcher Boden der Gesundheit wenig zuträglich ist. Die Gefahren liegen ebensowohl in den Exhalationen des Bodens, wie auch eventuell in der Zuführung der Schädlichkeiten in das Trinkwasser. — Ein bisher unbebauter, von Pflanzenresten durchsetzter Boden ist gleichfalls schädlich. Mit reichlichem Gehalt an Feuchtigkeit stellt er den Moorboden dar, auf welchem sich Malaria entwickelt, und wie gefährlich gerade die Sumpfexhalationen für Kinder sind, ist durch statistische Erhebungen und Einzelbeobachtungen mehr denn hinlänglich bekannt; so theilt Griesinger[1]) mit, dass unter den in Tübingen von ihm beobachteten Malariaerkrankungen 53,6 % in das Alter von 1—20 Jahren fielen, und von diesen wieder kamen 62 % auf das Kindesalter von 1—10 Jahren, so zwar, dass dieses Alter 33 % der Gesammterkrankungsziffer ausmachte. In speciellen Fällen kann man den Einfluss des Malariagiftes auf den kindlichen Organismus als höchst schädlich ermitteln, und mir selbst sind sehr schwere Erkrankungen durch die Hände gegangen. — Dies ist der Grund, warum Moorboden zu einem Baugrund für Schulen nicht verwerthet werden darf, während mit Schmutz und Jauchwasser imprägnirter Stadtboden einen Herd für Typhus und andere epidemische Krankheiten abgiebt. — Wenn also der Privatmann einen derartigen Baugrund oft nicht meiden kann, weil er von materiellen Verhältnissen allzu abhängig ist, so müssen ihn Gemeinde und Staat doch ablehnen, und es wird sich selbst in den in Niederungen und Sumpfgegenden gelegenen Ortschaften stets ein Platz finden lassen, welcher sich, sei es durch die Lage, sei es durch die Bodenbeschaffenheit, von der Umgebung abhebt und Malariafrei ist. Hier gerade hat die Schule die Aufgabe, die Kinderwelt den gesundheitsverderblichen Einflüssen ihres Elternhauses zu entreissen und ihren Aufenthalt

[1]) Griesinger, Infectionskrankheiten. 1864. p. 17.

wenigstens für einige Stunden des Tages auf gesundem Boden zu ermöglichen.

Es würde nichts nützen, den Moorboden für den eigentlichen Bauplatz auszuheben und mit Kies ersetzen zu wollen; man müsste denn auch den zum Spiel- und Turnplatz bestimmten Theil mit ausschachten und durch Kieseinschüttung verbessern.

Mikroorganismen. Reichthum des Bodens an Verunreinigungen mit organischen Stoffen ist die günstigste Vorbedingung für das Gedeihen von Mikroorganismen. In den oberflächlichen Erdschichten findet sich eine überaus grosse Zahl dieser kleinsten Lebewesen; doch nimmt ihre Menge schon in der Tiefe von 1 m bedeutend ab. Bei 1½ m Tiefe ist der unberührte, „jungfräuliche“ Boden völlig frei von Mikroorganismen, während in dem vielfach durchwühlten Untergrund der Städte sich dieselben noch häufiger finden; aber im Bereiche des Grundwassers sind nach C. Fränkel überhaupt keine Mikroorganismen vorhanden. Ihre Wirkung giebt sich in den obersten Bodenschichten kund in der Zersetzung organischer Abfallstoffe in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak und in der Ueberführung des Ammoniak in salpetrige Säure und Salpetersäure. Wie der Gehalt des Bodens an Bacterien nach der quantitativen Seite hin neuerdings vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen ist, so liegen auch werthvolle Untersuchungen über die Bacterienarten und über die Lebensfähigkeit derselben, insbesondere auch einiger pathogener Formen, in ausreichender Zahl vor. — Es ist kein Zweifel darüber, dass sich in den oberen Schichten eines mit organischen Massen reichlich durchsetzten Bodens zahlreiche und darunter auch pathogene Bacterien längere Zeit hindurch lebensfähig erhalten können. So haben beispielsweise die Untersuchungen von J. Grancher und J. u. E. Deschamps[1]) ergeben, dass die Lebensfähigkeit des Bacillus des Typhoïds im Boden eine ziemlich bedeutende ist, und dass in einer Tiefe von 40 cm noch 5½ Monate nach der Aussaat lebensfähige Typhusbacillen im Boden nachgewiesen werden konnten. Ist dies auch nur vielleicht ausnahmsweise und selten der Fall, so müssen doch derartige Erfahrungen davor warnen, einen mit Bacterien durchsetzten Boden als Baugrund zu wählen. — Die Gefahren liegen vielleicht weniger darin, dass Bacterien durch den Luftstrom vom Boden aus in die Höhe gerissen und einem auf dem bacterienreichen Grunde erbauten Gebäude zugeführt werden, als vielmehr so,

[1]) Recherches sur le bacille typhique dans le sol. — Archiv. de méd. exp. et d'anatom. patholog. Nr. 1, 1889.



dass sie mittelst des Trinkwassers den Bewohnern gefährlich werden. Es kann so also kommen, dass Infectionskrankheiten durch an dem Boden haftende Bacterien bei Bewohnern im Hause erzeugt werden. — Im Allgemeinen gehören die in dem Boden lebenden Bacterien allerdings nicht gerade der Gruppe der krankmachenden zu, vielmehr sind es vorzugsweise sogen. saprophytäre, nicht pathogene Bacterien, die im Boden vorkommen. Fülles (Zeitschr. f. Hygiene 1891) hat in dem Boden in Freiburg meistens den sog. Wurzelbacillus, aber neben einer Reihe anderer auch den Proteus mirabilis, Bac. fluorescens, und Sarcineformen gefunden, welche unter Umständen pathogene Eigenschaften anzunehmen vermögen. Man wird sonach von hygienischen Gesichtspunkten aus wohl den Grundsatz aufstellen müssen, dass ein Baugrund sich um so weniger geeignet für eine Schule erweist, je reicher der Gehalt desselben in den oberen Bodenschichten an Bacterien ist und je durchlässiger sich derselbe nach der Tiefe hin für Bacterien erweist. — In der Regel ist in Städten ein aufgeschütteter (Bauschutt etc. enthaltender) Boden oder ein Boden von dem Charakter des Sumpfbodens (der schlammige Bestandtheile bis zu einer gewissen Tiefe enthält) als Baugrund für die Schulen ungeeignet, weil gerade diese beiden Bodenarten es sind, welche, an sich am meisten bacterienhaltig, auch wohl von Malariakeimen nicht frei, durch Durchlässigkeit für Bacterien nach erheblicher Tiefe sich auszeichnen.

Von den Methoden zur Untersuchung des Bodens für die Zwecke der Hygiene sind im Folgenden nur jene angeführt, die einerseits am leichtesten ausführbar, andererseits in ihren Resultaten entscheidend für die hygienische Beurtheilung eines Bodens sind. Im Uebrigen muss jedoch auf die Specialwerke [1]) verwiesen werden, in denen auch eine vollständige Zusammenstellung der einschlägigen Arbeiten zu finden ist. — Diese Bodenuntersuchung zerfällt in den physikalischen, chemischen und bacteriologischen Theil, wobei natürlich auch die Beschaffenheit des Grundwassers und der Bodenluft zu berücksichtigen ist.

1. Die physikalische Bodenuntersuchung hat es mit der mechanischen Bodenanalyse und mit der Bestimmung der verschiedenen physikalischen Eigenschaften des Bodens zu thun.

Die mechanische Bodenanalyse bezweckt die Ermittelung der Mengen, in welchen die einzelnen Bestandtheile hinsichtlich der

[1]) König, Untersuchung landwirthschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. Berlin 1891.

Korngrösse im Boden vorkommen. Zu diesem Zwecke bedient man sich der Körnung mit dem Siebe und der Schlämmung mit Wasser. Da die Ergebnisse der mechanischen Analyse einen Rückschluss auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens gestatten, so zeigt sich hierin schon die Wichtigkeit einer derartigen Untersuchung. Ungefähr 2 kg der Durchschnittsprobe des Bodens [1]) werden an der Luft getrocknet, lufttrocken gewogen und durch ein Sieb mit 3 mm weiten Maschen zunächst in 2 Theile getheilt. Der auf dem Siebe zurückbleibende Theil (Grand) wird nicht weiter untersucht, sondern von ihm nur das Gewicht festgestellt. Der durch die Maschen des Siebes hindurchgegangene Theil wird nun durch Siebe von engerer Maschenweite weiter geschieden. Nach Knopp bezeichnet man Körner

mit	einem	Durchmesser	unter 0,3	mm	als	Feinsand,
„	„	„	0,3—1,0	„	„	Mittelsand,
„	„	„	1—2	„	„	Grobsand,
„	„	„	2—4	„	„	Feinkies,
„	„	„	4—7	„	„	Mittelkies,
„	„	„	über 7	„	„	Grobkies.

Theilchen mit weniger als 0,05 mm Durchmesser nennt man Staub.

Porosität. Für die Beurtheilung der Durchlässigkeit des Bodens für Gase und Wasser ist besonders eine Kenntniss der Verhältnisse der Bodensubstanz zu den Zwischenräumen, welche Gasen oder Flüssigkeiten Zutritt gewähren, von Wichtigkeit. Bei gleichkörnigen Bodenarten beträgt das Porenvolumen 35—36 %. Bei ungleichkörnigen kann man es am sichersten durch Messen jener Gasmenge bestimmen, welche ein gewogenes Quantum des Bodens in seinen Poren enthält.

Zu diesem Zwecke wird ein weites Glas- oder Blechrohr, das mit dem zu untersuchenden Boden so vollständig als möglich angefüllt ist, ohne ihn jedoch festzustampfen oder zu pressen, mittelst vollständig dicht schliessender Korke und Glasröhren einerseits mit einem CO_2-Entwickelungsapparate, andererseits mit einer mit Kalilauge gefüllten und durch Kalilauge abgesperrten Eudiometerröhre in Verbindung gesetzt. Wird nun CO_2 eingeleitet, so verdrängt diese das in den Poren des Bodens vorhandene Luftquantum, welches

[1]) Eine solche Probe darf nicht bloss von einer einzigen beliebigen Stelle des Bodens entnommen werden, sondern muss möglichst die durchschnittliche Beschaffenheit desselben auf dem ganzen Grundstücke repräsentiren. Man nimmt daher nahezu gleiche Theile an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Tiefen und mischt dieselben innig.

sich in dem Rohre ansammelt, während die nachströmende CO_2 von der Lauge absorbirt wird. Durch Messen des in dem oberen Theile des Eudiometerrohres angesammelten Gasvolums und Umrechnung desselben auf Normalbarometerstand etc. erfährt man das Porenvolum in dem zur Untersuchung verwendeten Bodenquantum. Der kleine Fehler, welcher dadurch begangen wird, dass man auch das in den zur Verbindung der Apparate dienenden Glasröhren befindliche Luftquantum mitmisst, wird wohl in den meisten Fällen vernachlässigt werden können oder durch Ausmessen der Röhrenstücke zu berichtigen sein.

Das Porenvolum kann man auch durch Bestimmung des Wasserquantums, welches ein bestimmtes Gewicht des Bodens festzuhalten im Stande ist, ermitteln.

Hierzu verwendet man ein Kästchen aus Zinkblech, dessen Boden mit vielen Löchern versehen und mit einem angefeuchteten Leinwandläppchen bedeckt ist. Nun füllt man das Kästchen mit dem zu untersuchenden Boden und setzt es 5—10 cm tief in ein grösseres Gefäss mit Wasser, in welchem es so lange stehen bleibt, als noch eine Gewichtszunahme durch Wasseraufsaugung erfolgt. Die Differenz zwischen dem ursprünglichen Gesammtgewichte (Kästchen und Inhalt) und dem Gewichte nach dem Aufsaugen giebt das Gewicht des Wassers an, das alle Zwischenräume erfüllt, und aus dem man das Porenvolumen in der abgewogenen Bodenmenge berechnen kann. — Statt eines Kästchens kann man sich auch einer (nicht zu langen) Glas- oder Blechröhre bedienen, deren Oeffnungen man mit feuchten Leinwandlappen überbindet.

Das Porenvolumen kann in einfacher Weise ferner durch Berechnung gefunden werden. Das specifische Gewicht der einzelnen vorzugsweise in Betracht kommenden Bodenarten beträgt nämlich etwa 2,6, und es ist ganz einerlei, ob es sich um Kies, Sand oder Lehm handelt. Man stellt zunächst das Gewicht eines bestimmten Bodenvolumens fest und dividirt dies absolute Gewicht durch 2,6, so erhält man das Volumen der festen Bodenmasse. Wird dies Volumen von dem gesammten Volumen der Bodenmasse subtrahirt, so erhält man das Porenvolumen. B e i s p i e l: 1000 ccm Boden wiegen 1800 g; dann beträgt die feste Masse 1800 ccm : 2,6 = 692 ccm; die Poren sind gleich 1000 — 692 = 308 ccm, das Porenvolumen = 30,8 %.

T e m p e r a t u r. Von hygienischem Interesse ist ferner oft eine directe Bestimmung der B o d e n t e m p e r a t u r. Handelt es sich nicht um eine absolut genaue Ermittelung und soll die Temperatur

nur an einer bestimmten Stelle und in bestimmter Tiefe festgestellt werden, so genügt zu diesem Zwecke die Anwendung eines wenig empfindlichen Thermometers, welches in ein in den Boden gestossenes Metall- oder Holzrohr eingesenkt wird und so unempfindlich sein muss, dass es den im Boden angenommenen Stand während des Emporziehens und Ablesens nicht ändert. Man kann hierzu ein gewöhnliches Thermometer verwenden, dessen Kugel man mit Leinwand, die durch Tränken mit Paraffin gegen Aufnahme von Feuchtigkeit geschützt ist, dicht umwickelt. Die geringe Empfindlichkeit eines solchen Thermometers macht es zur Bedingung, dass man dasselbe nicht zu kurze Zeit der Einwirkung der Temperatur des Erdbodens aussetzt, bevor man es emporzieht. Zur Messung der Temperatur in verschiedenen Bodentiefen in einem und demselben Bohrloche verwendet man am besten die Lamont'sche Holzrinne, in welche sechs Thermometer senkrecht über einander in Tiefen von 0,25, 0,50, 1, 2, 3 und 4 m unter der Erdoberfläche eingesenkt sind. Diese Thermometer haben ein kurzes Rohr für die Gradeintheilung und ein verhältnissmässig grosses Quecksilbergefäss, so dass bei dem Herausziehen derselben aus dem Boden nur ganz unwesentliche Schwankungen der Quecksilbersäule entstehen können, weil die grosse Menge des Quecksilbers nur sehr langsam die Temperatur der Umgebung annimmt.

2. Chemische Bodenanalyse. Dieselbe beschränkt sich, soweit hygienische Zwecke in Betracht kommen, auf die Bestimmung des Wassergehaltes und der organischen Substanzen, ferner auf die Untersuchung des Gehaltes an Chlor, Ammoniak, Salpetersäure und salpetriger Säure.

Der Wassergehalt des Bodens wird dadurch ermittelt, dass man eine bekannte Menge (5—10 g) der unter Beachtung der schon früher besprochenen Vorschriften entnommenen und gut durchgemischten Durchschnittsprobe des Bodens einer Temperatur von 100—110° C. so lange aussetzt, als noch ein Gewichtsverlust stattfindet. Die Gewichtsdifferenz ergiebt den Gesammtwassergehalt [1]).

Zur Gesammtbestimmung der organischen Substanzen werden 5 g des wasserfreien Bodens in einem Platingefäss bei Luftzutritt schwacher Rothgluth ausgesetzt. Der Glühverlust drückt den Gehalt an organischen Substanzen aus. Da jedoch bei dieser Temperatur

[1]) Bei einem Boden, welcher freies Ammoniak enthält, oder in welchem sich bei Temperaturerhöhung freies Ammoniak entwickelt, wird diese Bestimmung mit einem Fehler behaftet sein.

sich die kohlensauren alkalischen Erden zersetzen, so muss man den Fehler, der durch Abgabe von CO_2 entsteht, dadurch berichtigen, dass man letztere vor dem Wägen ersetzt. Dies geschieht am besten durch Befeuchten des Rückstandes mit kohlensaurem Ammoniak, worauf gelindes Erhitzen erfolgen muss, um den Ueberschuss desselben zu verjagen [1]).

Um die Natur der organischen Substanzen zu bestimmen, müsste eine Elementaranalyse ausgeführt werden. Diese bedarf zu ihrer Ausführung complicirter Apparate und eines nicht geringen Masses von Geschicklichkeit und Erfahrung, so dass sie, wenn nothwendig, wohl am besten den Händen eines Chemikers von Fach überlassen bleibt [2]).

Von den im Wasser löslichen Theilen des Bodens sind bloss jene für die Hygiene von Interesse, welche als Producte oder Symptome der Zersetzung von Abfallstoffen angesehen werden. Dies sind Chlor, Ammoniak, Salpetersäure und salpetrige Säure. 100 g des Bodens werden mit der zehnfachen Menge kalten, destillirten Wassers übergossen und bleiben unter öfterem Umschütteln mindestens 24 Stunden stehen. Der so hergestellte Bodenauszug wird durch ein trockenes Filter in ein trockenes Gefäss filtrirt, und es wird mit dem klaren Filtrate genau nach den bei der Untersuchung des Trinkwassers in Bezug auf die Bestimmung der oben genannten Stoffe angegebenen Methoden verfahren.

Ammoniak bestimmt Fodor [3]) nach der zuerst von Schlösing angewendeten Methode, indem er in einem weiten Glasgefäss 50 g des lufttrockenen Bodens zu einer 1—2 mm dicken Schicht ausbreitet, mit Kalkmilch durchtränkt und nun auf einem mit Drahtfüssen versehenen Tischchen eine kleine mit 10 ccm 1/100 normal. Schwefelsäure gefüllte Schale in das Gefäss hineinstellt und dieses mit einer aufgeschliffenen Glasplatte verschliesst. Das sich entwickelnde Ammoniak wird von der Säure absorbirt, und durch Titriren mit 1/100 normal. Kalilauge erfährt man den Gehalt an

---

1) Diese Bestimmung kann nur dann genaue Resultate liefern, wenn der zu untersuchende Boden ausser kohlensauren alkalischen Erden keine anorganischen Bestandtheile enthält, die sich bei Glühhitze zersetzen oder verflüchtigen; er darf also keine Ammoniaksalze, keine salpeter- oder salpetrigsauren Salze enthalten. Ferner können die schwefelsauren Salze zum Theile reducirt werden und die Chloride der Alkalien bei zu heftigem Glühen sich verflüchtigen.

2) S. Fresenius' Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse. Braunschweig. 6. Aufl., 2 Bd.

3) Fodor, Untersuchungen, p. 207.

Ammoniak im Boden. Die Entwickelung und Absorption des Ammoniakgases ist in 24 Stunden vollendet.

3. Bacteriologische Untersuchung. Für diesen Zweck ist das Verfahren von C. Fränkel geeignet, nach welchem man die Bodenprobe vermittelst eines eigens hierfür angefertigten Bohrers[1]) aus der bestimmten Tiefe nimmt und sie in einem sterilisirten Glasgefässe ins Laboratorium bringt. Hier muss nun die Untersuchung möglichst schnell vorgenommen werden, weil eine starke Vermehrung der Keime stattfindet, so dass man falsche Resultate erhält. Eine genau abgewogene Menge dieser Probe wird in flüssige Gelatine gebracht, und durch Plattencultur werden Zahl und Art der Keime festgestellt. Von Wichtigkeit ist die Anlage anaërober Culturen, da sich im Erdreich die Dauerformen streng anaërober, sehr pathogener Arten, wie Tetanus und malignes Oedem, finden. Die weitere Behandlung dieser Präparate bis zur Entwickelung der Colonien und bis zur Scheidung und Bestimmung der einzelnen Bacterien setzt eingehende bacteriologische Kenntnisse voraus, für welche wir auf die Specialwerke hinweisen müssen (J. Schrank, Anleitung zur Ausführung bact. Unters. Leipzig u. Wien 1894).

4. Untersuchung der Bodenluft. Die Untersuchung der Bodenluft ist im Ganzen genommen nach den gewöhnlichen Methoden der Luftuntersuchung auszuführen, weshalb auch hier auf das Capitel über die Luftuntersuchungen verwiesen werden kann. Um sich eine grössere Quantität der Bodenluft zu verschaffen, muss man dieselbe mittelst einer Pumpe oder auch durch eine mit einem in den Boden gesenkten Rohre in Verbindung stehende Kautschukblase ansaugen.

5. Untersuchung des Grundwassers. Um die Verhältnisse des Grundwassers genau kennen zu lernen, kommen nach Wahnschaffe in Betracht: Die Beschaffenheit der Bodenschicht, in welcher das Grundwasser circulirt; die Tiefe des Grundwasserspiegels unter der Erdoberfläche; der Abstand des Grundwasserspiegels von der undurchlässigen Schicht. Zur Messung der Tiefe des Grundwasserspiegels unter der Erdoberfläche oder, anders bezeichnet, der Höhe des Grundwassers können Brunnen dienen, welche entweder gar nicht benutzt werden oder doch seit längerer Zeit nicht benutzt worden sind. Zu diesen Messungen bedient man sich am besten eines mit einem Schwimmer versehenen Massstabes, bei

[1]) Zu haben bei R. Müncke, Luisenstr. 58, Berlin.

welchem der Nullpunkt mit dem Grundwasserspiegel zusammenfällt. v. Esmarch schlägt folgendes einfache Verfahren vor: Es wird eine mit Kreide bestrichene Holzleiste, die unten etwas beschwert ist, an einem Bindfaden in den Brunnen gelassen, bis man das Holz in das Wasser tauchen sieht. Die Länge des Bindfadens (von der Oberkante des Terrains) + Länge der nicht vom Wasser benetzten Holzleiste giebt die Höhe des Grundwasserstandes an. Brunnen genügen aber nicht für die Beurtheilung der Grundwasserverhältnisse, wenn der Wasserstand benachbarter Flüsse oder die Benutzung naheliegender Brunnen den Wasserstand in den untersuchten beeinflussen. In diesem Falle empfiehlt es sich, die Schwankungen des Grundwassers durch Bohrlöcher von etwa 10 cm Durchmesser zu ermitteln.

b) Lage des Bauplatzes.

Der Bauplatz muss, wenn irgend möglich, nahe dem Mittelpunkte des Ortes oder Bezirkes liegen, für welchen die Schule bestimmt ist, damit von allen entferntesten Punkten desselben annähernd gleiche Wege entstehen (Spiecker). Auf dem Lande sollten Kinder nicht weiter als 4 km, im Gebirge höchstens 2 km zur Schule zu gehen haben. Eine solche Entfernung ist sowohl in Städten als auch in Dörfern für jüngere Schüler in der Winterzeit schon sehr erheblich; grössere Entfernungen sind aus Gründen, welche später gelegentlich des Schulbeginns und des Nachmittagsunterrichts noch zu erörtern sein werden, zu vermeiden.

Gute Luft, möglichste Ruhe und Sonnenlicht sind für jedes zum Schulhausbau zu benutzende Grundstück die wichtigsten Erfordernisse.

Das Schulgebäude soll sich auch als etwas Besonderes, Bedeutungsvolles von der Umgebung abheben; daher ist zu wünschen, dass es einen wohlthuenden und freundlichen Anblick gewährt. Der Bauplatz soll daher möglichst hoch gelegen sein. Wo dies nicht zu erreichen ist, sei die Lage wenigstens thunlichst frei und abgesondert von der Umgebung. Ein allseitig frei gelegenes Schulhaus ist im Allgemeinen einem in einer Strasse erbauten Schulhause vorzuziehen, wenn auch eine gegen die kalten und scharfen Nord- und Ostwinde geschützte Lage andere grosse Vortheile hat. Gefordert wird ferner eine solche Entfernung von Gebäuden auf Nachbargrundstücken, dass den Schulzimmern nicht nur gegenwärtig, sondern auch in Zukunft

gute Luftverhältnisse gesichert und störende Einblicke von den Nachbarhäusern her unmöglich sind. Der Bauplatz darf in keiner Mulde liegen und muss vor Ueberschwemmungen sicher sein. Zu vermeiden ist auch die Nähe von Sümpfen und Teichen. Eine leicht geneigte, die Abwässerung befördernde Gestaltung der Oberfläche ist einer ganz ebenen Bodenlage meist vorzuziehen (Spiecker). Zum Schutz gegen rauhe Winde ist eine mit Bäumen und Sträuchern bestandene Baustelle oft erwünscht; doch darf die Bepflanzung der Schulgebäude nicht die Luft- und Lichtzufuhr verkümmern oder die Lage dumpf und feucht machen (Spiecker). Immergrüne Nadelbäume gewähren in dieser Beziehung den besten Schutz. Man wähle die Baustelle auch nicht an dicht anliegenden Felswänden oder an bewaldeten Bergrücken (Guillaume). Muss letzteres doch geschehen, so soll man nie direct an den Berg anbauen, sondern lieber etwas abgraben, damit das Haus bis zu einem gewissen Grade frei steht (Uffelmann).

Der zum Schulhausbau bestimmte Bauplatz soll nicht unmittelbar an staubigen Strassen, auch nicht in der Nähe von Fabriken liegen, deren Betrieb mit starkem Rauch, üblen Gerüchen und schädlichen Gasentwickelungen verbunden ist, z. B. Leimsiedereien, Gummifabriken, Gerbereien, Abdeckereien, Knochenmühlen. Die Nachtheile, die durch lebhaften Strassenverkehr hervorgerufen werden, können theilweise durch geräuschloses Strassenpflaster, durch Legung der Corridore an die Strassenseite des Hauses und durch Doppelfenster gehoben werden. Man kann als Bauplatz Hinterland verwenden, wenn die nöthigen breiten Zugänge vorhanden und die Luft-, Licht- und sonstigen Verhältnisse günstige sind (Dresdener Directorenconferenz). Zu vermeiden ist ferner die Nähe von Eisenbahnen und von Fabriken mit starken Geräuschen. Der Bauplatz darf auch nicht in der Nähe solcher Freiplätze liegen, welche zu Märkten benutzt werden, weil einerseits das Geräusch auf dem Marktplatze die Ausübung des Unterrichts stört, andererseits der reiche Wagenverkehr den zur Schule gehenden Kindern gefährlich werden kann; ausserdem gefährden die rohen Marktscenen die Sittlichkeit der Schulkinder. Aus demselben Grunde sind für Schulplätze solche Stellen zu meiden, wo die Ausübung besonders roher, das Gemüth der Kinder verletzender Handwerke (Schlächtereien) den Schülern leicht vor Augen kommt, oder wo durch den Verkehr vieler roher Personen entsittlichende Einflüsse statthaben können, oder wo die Nachbarhäuser der öffentlichen oder geheimen Prostitution zum Aufenthalt dienen

(Falk, Pappenheim); selbst die Anlage von Schankstätten in der unmittelbaren Nähe von Schulen soll nicht gestattet werden (Preuss. Minist.-Erlass vom 21. Mai 1859). Der Bauplatz muss auch von solchen Lagerstätten fern liegen, in welchen feuergefährliche Substanzen hergestellt werden oder aufgehäuft sind.

Ein grösserer freier Platz würde demnach den besten Bauplatz gewähren. Wo aber die Freiplätze mit den wichtigsten Anforderungen an die Baustelle collidiren, oder wo, wie in den Grossstädten, nicht ausreichend grosse Plätze zur Verfügung stehen, da muss das Schulhaus in ruhigen, möglichst breiten Strassen erbaut werden. Soll directes Himmelslicht bis zu einer gewissen Tiefe in die Parterrezimmer fallen, und soll während einer bestimmten Dauer des Tages die Hausfront von der Sonne beschienen werden, so muss das Schulgebäude von den gegenüberliegenden Häusern um die doppelte Haushöhe entfernt sein.

Für die Gemeindeschulen in Berlin gilt die Bestimmung, dass die Entfernung von gegenüberliegenden Wohngebäuden mindestens 60 Fuss = 18,831 m betrage, damit auch die im Erdgeschoss belegenen Klassen noch genügend Licht erhalten; wo eine solche Strassenbreite nicht vorhanden ist, wird das Schulgebäude zurückgesetzt und ein möglichst tiefer Vorgarten angelegt, wodurch zugleich die Schulzimmer dem Geräusch der Strasse entzogen werden (Gerstenberg). Es ist eben zu bedenken, dass man auch an trüben Tagen und zur Winterzeit womöglich bis gegen 4 Uhr Nachmittags in allen Theilen der zum Unterricht benutzten Räume hinlänglich Licht haben muss, und dass die Beschaffung desselben für die Schule an und für sich und unter den günstigsten Verhältnissen seine Schwierigkeiten hat (Zwez). Aus diesem Grunde meide man die Nähe hoher Häuser, Kirchen etc., weil sie den Zutritt genügender Lichtmengen zu den Schulzimmern verhindern oder stark Licht reflectiren. (Die durch die Lage des Schulhauses bedingten Lichtverhältnisse werden in dem Abschnitt III: „Schulzimmer: Umgebung des Schulhauses“ ausführlicher besprochen werden.)

Auf dem Lande ist selbst bei den beschränktesten Platzverhältnissen ohne Schwierigkeit die Bedingung zu erfüllen, dass die Fensterwände sich in gehöriger Entfernung von der Nachbargrenze und den auf dem Schulgrundstück befindlichen Baulichkeiten befinden müssen.

Bedacht zu nehmen ist ferner auf bequeme Zugänglichkeit des Platzes nicht nur für die Schüler, sondern auch für die Wagen zum Hereinschaffen von Brennmaterial und für Spritzen. Wenn auch der

Bauplatz hoch gelegen ist, so darf er doch nicht abschüssig sein, weil er sonst bei Winterglätte schwer zu erreichen und besonders für die jüngeren Kinder auch gefährlich sein würde (Zwez, Lang, Varrentrapp). Liegt das Schulgebäude auf einer Terrasse, so ist die Zugänglichkeit durch Anlage einer nicht zu steilen Rampe (Steigungsverhältniss höchstens 1 : 7) zu bewirken. Ist die Terrasse durch Futtermauern, welche die Frontwand des Gebäudes tragen, begrenzt, so kann zur Vermeidung einer Rampenanlage der mittlere Theil des Schulhauses mit dem Eingang bis auf das Strassenniveau herabgeführt werden, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, im Innern des Gebäudes emporsteigend die Höhe der Terrasse zu überwinden. Für den Fall, dass das Gebäude nicht auf der Futtermauer selbst steht, sondern zurückgerückt ist, lässt sich jener Vortheil auch durch Ausführung eines Einschnittes erreichen, dessen seitliche Theile etwa bis zur Hälfte der Gesammthöhe der Terrasse abgeböscht werden, um demselben den Eindruck des Beengenden zu nehmen (Blattner)[1]. Die Anlage von Freitreppen ist zu vermeiden, weil dieselben im Winter, namentlich bei Glatteis, für die Schüler gefährlich sind.

Der Bauplatz soll endlich selbst gutes Trinkwasser gewähren oder muss solches in der Nähe haben. Für Städte, welche mit Trinkwasserleitung versehen sind, hat diese Vorschrift natürlich weniger Bedeutung; sie wird sich auch für das Dorf und für kleine Städte nur als etwas Wünschenswerthes aufstellen lassen, weil der Mangel guten Trinkwassers die Tauglichkeit des Bauplatzes bei Erfüllung der übrigen Bedingungen nicht immer aufheben kann. Wo Brunnen für die Schuljugend angelegt werden, wird darauf zu achten sein, dass das Wasser rein und zum Genusse brauchbar sei. Wir erwähnen dies nur kurzhin und werden später, wenn wir die Anlage der Brunnen noch detaillirter besprechen, auf die Trinkwasserfrage genauer eingehen.

In einer Reihe von Fällen, namentlich in Städten, lassen sich nicht alle an den Bauplatz zu stellenden Forderungen erfüllen; man muss dann von dem Vorhandenen das Beste nehmen und durch entsprechende Massnahmen etwaige Schäden nach Möglichkeit zu beseitigen suchen.

[1]) Concurrenzentwurf zu einem Realgymnasium für Gera.

c) Orientirung des Schulhauses.

Bei der Orientirung des Schulgebäudes, d. h. der Himmelsrichtung, nach welcher die Fenster der Schulzimmer angeordnet werden sollen, ist darauf zu achten, dass während der ganzen Zeit der Schulstunden eine ausreichende Menge von Licht in die Schulzimmer gelangen kann, dass also die Zimmer nach der Himmelsgegend gerichtet sind, welche während dieser Zeit das meiste Licht spendet, und dass für einige Zeit die Schulzimmer auch von directem Sonnenlicht getroffen werden; freilich ist es wünschenswerth, dass die Hauptmasse directen Sonnenlichtes nicht gerade während der Schulstunden in die Klassen fällt.

Diese theilweise einander widersprechenden Forderungen können begreiflicherweise nicht in ganzem Umfange, sondern nur mit gewisser Einschränkung erfüllt werden. Aus diesem Grunde herrschen in der Frage der Orientirung des Schulzimmers auch die widersprechendsten Ansichten, je nachdem auf eine möglichst gleichmässige Beleuchtung der Klassenzimmer oder auf den Zutritt von Sonnenlicht und Wärme grösserer Werth gelegt wird.

Die Richtigkeit der allgemeinen Erfahrung, dass Räume, die kein directes Sonnenlicht erhalten, zumeist dumpf und feucht sind und geeignete Stätten für Schimmelpilzwucherungen bilden, dass dagegen die von der Sonne ausreichend beschienenen Räume einen gesunden Aufenthalt bieten, ist durch die hygienischen, insbesondere die bacteriologischen Forschungen der Neuzeit bestätigt worden. Uffelmann weist darauf hin, dass wir, obwohl der Zusammenhang zwischen Krankheiten und Lichtmangel noch nicht völlig klar ist, doch schon behaupten dürfen, dass der dauernde Aufenthalt in Räumen, welche unter solchem Mangel leiden, geeignet ist, die Gesundheit zu beeinträchtigen. Denn als bewiesen darf angesehen werden, dass Lichtmangel den Stoffwechsel herabsetzt, dass das Sonnenlicht ihn anregt, dass dieses auch die Oxydation, d. h. die Unschädlichmachung organischer Stoffe in der Luft, beschleunigt; zweifellos ist ferner, dass es auch psychisch den Menschen beeinflusst und in erheblichem Masse auf die körperliche Leistungsfähigkeit und Widerstandskraft einwirkt. Das Sonnenlicht muss daher als ein die Gesundheit kräftigender, der Lichtmangel dagegen als ein sie schwächender Factor bezeichnet werden. Endlich ist

hervorgehoben worden, dass das directe Sonnenlicht gewisse Bacterien zu tödten vermag [1]).

Wenn wir von diesem Standpunkte aus für unsere Schulräume eine möglichst grosse Menge directen Sonnenlichtes verlangen müssen, so kommen doch einige Erwägungen in Betracht, die diese Bedeutung des Sonnenlichtes einschränken, weil dasselbe einige unangenehme Wirkungen besitzt, nämlich den unangenehmen und theilweise schädlichen Einfluss der allzu grellen Beleuchtung für das Auge und ferner die intensive Wärmewirkung; so weist Nussbaum darauf hin, dass jede Besonnung die Gleichmässigkeit des Lichtes stört und dass sie ein Verdecken und damit ein Verdunkeln der Glasflächen durch Vorhänge nothwendig macht, was besonders bei wechselnder Beleuchtung zu schädlichem Lichte Veranlassung gibt. Wenn eine Besonnung der Fensterfront in der wärmeren Jahreszeit eine Temperaturerhöhung herbeiführt, welche zum Mindesten unangenehm und unter Berücksichtigung der in einer Schulklasse befindlichen Kinderschaar auch hygienisch nicht ohne Bedenken ist, so kann im Winter umgekehrt die Besonnung von gewissem Vortheile für die Temperatur der Räume sein.

Schraube verlangt, dass die Front des Schulhauses durchaus nicht nach Norden gelegen sei, weil die Wohnungen, welche nach Norden liegen, ungesund seien, und empfiehlt die südöstliche Richtung, da diese die erforderliche Wärme biete, nicht nach der häufigsten Windrichtung gelegen sei und nicht die frühen allzu schräg ein-

---

[1]) Billings und Peckham (Centralbl. f. Gesundheitspfl. 1895. Bd. XIV, p. 326) untersuchten den keimtödtenden Einfluss des Sonnenlichtes auf den Bacillus des Abdominaltyphus (Bacillus typhi abdominalis), auf das Wachsthum des verbreitetsten Eiterpilzes (Staphylococcus pyogenes aureus) und der Darmbacterien (Bac. coli communis), indem sie Bouillonculturen dieser Bacterien zur Hälfte mit schwarzem Papier bedeckten und dann dem directen Sonnenlichte aussetzten. Bei einer Temperatur von stets unter 34° wurden bei 2stündiger Einwirkung der directen Sonnenstrahlen 90—99% der Keime zerstört und bei 3—6stündiger Einwirkung sämmtliche. Diffuses Sonnenlicht hat nicht die gleiche Wirkung. Kitasato fand, dass das Tetanusgift (Wundstarrkrampf) in wässeriger Lösung in 15—18 Stunden vom Sonnenlicht zerstört wird; ebenso constatirten Fermi und Pernossi (Centralbl. f. Gesundheitspfl. 1895. Bd. XIV, p. 50), dass das getrocknete Tetanusgift nach 100 Stunden vernichtet wird. E. v. Esmarch unternahm es, durch eine Reihe von Versuchen festzustellen, ob es auch möglich wäre, die an und in verschiedenen Kleidungsstoffen haftenden Krankheitserreger durch Sonnenbestrahlung zu zerstören. Das Resultat dieser Versuche war, dass die Keime nur in den obersten Schichten der verschiedenen Stoffe vernichtet wurden, nicht aber die in der Tiefe lagernden. Trotz dieser Einschränkung ist die bacterientödtende Wirkung des Sonnenlichtes doch gross genug, dass letzteres nach Kruse immerhin als ein wichtiges und universelles Desinfectionsmittel für die Umgebung unserer Wohnstätten und unserer Wohnungen selbst bezeichnet werden kann.

fallenden Sonnenstrahlen erhalte. Zwez verlangt die Lage nach Osten, weil die schräg einfallenden Sonnenstrahlen die Zimmer am besten erleuchten, Varrentrapp diejenige gegen Süden oder Südosten. Diese Lage sei sowohl in Bezug auf Erwärmung als auch auf gutes Licht die beste, besonders im hohen Sommer, wo die nach Westen gerichteten Zimmer durch tief einfallendes Licht mehr erhitzt und unangenehm beleuchtet werden, während die südlichen durch die steil einfallende Mittagssonne weniger zu leiden haben. Falk entscheidet sich im Einverständniss mit Pappenheim, Zwez u. A. für den Osten und nur im Nothfalle für den Süden, Kuby wünscht die Richtung nach Süden, Guillaume nach Süd-Süd-Ost, weil alsdann das Gebäude die volle Sonnenwärme erhalte und den in seinem Lande (Schweiz) vorherrschenden Winden weniger ausgesetzt sei; auch kommt bei dieser Richtung die Sonne, deren Strahlen in den ersten Morgenstunden flach einfallen und daher tief in die Zimmer eindringen, nicht in letztere, so dass die Schüler von ihr nicht belästigt werden. Lang und Reclam sprechen sich für die Nordrichtung aus. Letzterer fordert jedoch, weil nach Norden gelegene Zimmer, abgesehen von der geringeren Intensität der Beleuchtung, kälter und feuchter sind als südlich gelegene, „ununterbrochene Heizung und gleichzeitige Lüftung Tag und Nacht". Während Varrentrapp nach Westen gelegene Zimmer wegen der schlechten Nachmittagsbeleuchtung für unbrauchbar hält, ein Grund, der nur in sehr beschränktem Masse zutrifft, da gegen Abend zur Zeit der tief in das Zimmer einfallenden Sonnenstrahlen Unterricht nicht mehr stattfindet, verlangt der frühere Gymnasialdirector W. Schwartz[1]), dass die Klassen nach Westen liegen, d. h. die Nachmittagssonne haben, jedenfalls nicht Morgen- und Mittagssonne.

Erismann hält es für fraglich, ob die Lage nach Osten allgemein empfohlen werden könne, weil das Sonnenlicht während des Unterrichts störend wirke (Blendung, hohe Temperatur) und glaubt eher für die südliche Richtung eintreten zu sollen, weil während der Morgenstunden das directe Sonnenlicht vollständig ausgeschlossen sei und im Sommer auch während der Mittagszeit wegen des hohen Standes der Sonne die Strahlen nicht tief in das Zimmer fallen. Eulenberg-Bach geben der Südostlage den Vorzug vor jeder anderen, weil sie den grossen Vortheil für sich habe, dass die Sonne die Schulräume später bescheine und früher verlasse.

---

[1]) Neues Jahrbuch für Philologie und Pädagogik. II. Abth. 1886. Heft 1.

Auch die Anweisung der Regierung zu Breslau vom 22. März 1884 empfiehlt neben Osten vorzugsweise Südosten. Nach den „Erläuterungen“ (Minist.-Erlass vom 24. Januar 1888) heisst es: „Man wird wohl am besten die Anordnung so treffen, dass der Raum zwar in der Zeit vor oder nach dem Unterricht von der Sonne bestrahlt wird, so weit möglich aber nicht während der Unterrichtszeit“. Die neueste preussische Verordnung über Bau und Einrichtung ländlicher Volksschulen empfiehlt am meisten die Lage nach Westen, weil die Unterrichtszeit in Landschulen in der Regel schon mit den frühen Nachmittagsstunden aufhört, die flach einfallenden Strahlen der Nachmittagssonne also nicht mehr lästig werden, oder nach Süden, weil die Strahlen der Mittagssonne unter so steilem Winkel einfallen, dass sie nicht weit in das Innere des Schulzimmers eindringen.

Die Ansichten weichen, wie man sieht, ausserordentlich von einander ab, und die von der einen Seite als ungünstig verworfene Himmelsrichtung wird von der anderen gerade für die beste erachtet. Eine kurze Zusammenstellung der Vorzüge und Nachtheile jeder Himmelsrichtung wird die Entscheidung der besten Orientirung des Schulhauses erleichtern.

Bei uns ist die Richtung nach Nord und Nordwest völlig auszuschliessen, weil in diesem Falle keine Sonne in das Zimmer gelangen kann.

Die Richtungen nach West und Südwest sind die sogen. „Wetterseite“, weil aus diesen Himmelsrichtungen der Wind in Deutschland am häufigsten kommt und nicht selten Niederschläge mit sich bringt. West und Südwest haben aber den Vortheil, dass während der Vormittagsstunden, die doch durchgehends für den Schulunterricht bestimmt sind, eine directe Sonnenbestrahlung der Fenster nicht erfolgt, dass somit die Schüler nicht von directem Sonnenlicht und zu grosser Wärme zu leiden haben. Am Nachmittage findet die directe Bestrahlung der Räume statt, und so wird auch der Forderung, dass für ein gesundes Zimmer directes Sonnenlicht nothwendig ist, genügt.

Ist die Hauptfront des Schulhauses nach Süd und Südost gelegen, so wird den Zimmern zwar die grösstmögliche Lichtmenge zugeführt, aber die Räume werden in Folge der directen Sonnenbestrahlung übermässig erwärmt und die Schüler haben von dem einfallenden directen Sonnenlicht zu leiden, wenn auch die Sonne nicht tief in das Zimmer dringt. Wie lästig aber die Hitze der nach Süd und Südost gelegenen Schulklassen in den späteren Vormittagsstunden des

Sommers ist, und wie dadurch die Regsamkeit der Schüler beeinträchtigt wird, ist allgemein bekannt.

Der Osten hat den Vortheil, dass die aus ihm kommende Lichtmenge in den Vormittagsstunden die reichlichste ist; die Strahlen der Morgensonne erleuchten das Zimmer bis in die äussersten Winkel, weil sie fast horizontal einfallen. So wird es möglich, selbst bei ziemlich tiefen Schulzimmern auch den am weitesten von den Fenstern sitzenden Kindern eine genügende Lichtmenge zuzuführen. Auch erwärmt die Morgensonne das nach Osten liegende Zimmer angenehm und hält es trocken. Andererseits ist aber zu bedenken, dass das directe Sonnenlicht während des Unterrichts in das Klassenzimmer fällt, und dass die Erwärmung der nach Osten gelegenen Räume im Sommer von 9 und 10 Uhr an eine unerträgliche wird.

Dieselben Vorzüge, aber weniger Nachtheile als die Lage nach Osten hat die Richtung nach Ostnordost und Nordost. Hier ist in den Vormittagsstunden ausreichende Beleuchtung vorhanden; directes Sonnenlicht fällt nur in geringen Mengen während der ersten Unterrichtsstunden in die Klassenzimmer; die Erwärmung wird keine übermässige, da in den späteren Vormittagsstunden die Sonnenstrahlen nur in schräger Richtung die Fensterwand treffen. Aber vor Beginn des Unterrichts wird das Zimmer schon von der Sonne bestrahlt; jedoch erfolgt dies im Winter nur auf kurze Zeit.

Wenn man alle Forderungen für die Orientirung des Schulhauses gleichmässig berücksichtigt, so kommt man zu folgendem Ergebniss: Für Schulen mit Vor- und Nachmittagsunterricht ist am besten die Nordost- bis Ostlage. Ist diese Lage nicht zu erreichen, so empfiehlt sich für mittlere klimatische Verhältnisse am meisten eine solche Stellung des Gebäudes, dass die Klassenfenster nach Südost bezw. bei zweiseitiger Front nach Südost und Nordwest gerichtet sind (Behnke, Klette, Hinträger). Falls kein Nachmittagsunterricht stattfindet, was in Orten mit weiten Schulwegen wohl meist der Fall sein wird, können die Schulzimmer auch nach Westen liegen.

Es sei überdies noch darauf hingewiesen, dass die Hauptfront des Schulhauses durchaus nicht mit der Lage der Schulzimmer zusammenzufallen braucht. Theils um letztere dem Strassenlärm zu entrücken, theils auch um für sie eine günstigere Beleuchtung zu erreichen, werden die Corridore oft an der Strassenseite anzuordnen sein, während die Klassenfenster nach dem Hofe gerichtet werden können.

Bei kleinen Schulen ist es möglich, sämmtlichen Lehrzimmern eine günstige Orientirung zu geben; bei Schulen mit einer grösseren Anzahl von Klassen lässt sich für einige derselben die Lage nach einer ungünstigen Himmelsrichtung meist nicht vermeiden.

Muss man die Nordlage benutzen, so bestimme man wenigstens für die jüngeren Schüler nur solche Räume, welche des directen Sonnenlichtes nicht völlig entbehren.

Alle diejenigen Räume, welche gar nicht oder nur für kürzere Zeit zu Lehrzwecken benutzt werden, die Aula, Sammlungs- und Apparatenräume, Bibliothek, Conferenz- und Directorzimmer, chemisches Laboratorium, Treppen und Corridore können eine beliebige Lage erhalten, wie sie sich bei der Grundrissbildung am praktischsten ergiebt. Die Zeichensäle erhalten am besten vorzugsweise Nordlicht wegen der so gebotenen gleichmässigen Beleuchtung. Der Lehrsaal für Physik muss zum Zweck heliostatischer Versuche unmittelbares Sonnenlicht haben.

Die Frage der Himmelsrichtung hat häufig nur einen theoretischen Werth, weil die in den grösseren Städten verfügbaren Grundstücke oft keine besondere Rücksichtnahme hierauf gestatten. Erfüllt ein Bauplatz die in Bezug auf Lage, Grösse, Kosten und in hygienischer Hinsicht zu stellenden Bedingungen, so wird man denselben eben wählen und die Fensterseiten so günstig anordnen, wie es möglich ist.

In Lehrerwohnungen, welche auf dem Lande in der Regel mit den Schulräumen in einem Gebäude vereinigt werden, sind Küchen und Speisekammern, wenn irgend thunlich, nach Norden, allenfalls nach Osten zu legen, während Schlafräume niemals Nordlage erhalten dürfen, sondern stets etwas Sonne haben müssen. In Städten lassen sich freilich derartige Forderungen für die Lehrerwohnungen schwer durchführen.

d) Grösse des Bauplatzes und Lagepläne.

Ueber die Grösse des Bauplatzes lassen sich in der Allgemeinheit kaum bestimmte Zahlenangaben machen, da dieselbe durchaus von dem weiteren Bauprogramm abhängig ist. Die Grösse muss jedenfalls derartig bemessen sein, dass zunächst das Schulgebäude selbst, eine Turnhalle, die erforderlichen Aborte, eventuell ein Lehrerwohnhaus und auf dem Lande Wirthschaftsgebäude auf dem Grundstück passend untergebracht werden können, und dass nach

Abzug der bebauten Grundfläche ein genügender Raum für Schulhöfe und Spielplätze übrig bleibt. In neuerer Zeit werden nach dem Beispiel Oesterreichs und der Schweiz auch in Deutschland kleine Schulgärten angelegt, die für städtische Schulen ebenso wie für Landschulen empfehlenswerth sind (Preuss. Minist.-Erlass vom 29. November 1889).

An Hoffläche fordert Varrentrapp 3 qm pro Schüler, ein Maass, welches allen Anforderungen genügen dürfte. Man wird sich leider bisweilen mit einer geringeren freien Fläche begnügen müssen, entsprechend der Grösse des zur Verfügung stehenden Grundstückes; aber unter 2 qm sollte man niemals gehen. In Frankreich bestimmt die Ministerial-Verordnung vom 17. Juni 1870 für jedes Kind eine offene Hoffläche von 5 qm und eine bedeckte von 2 qm.

Da die Grösse des Grundstückes also von der Anzahl der die Schule besuchenden Kinder abhängig ist, so wird in erster Linie die Frage zu beantworten sein, für welche Schülerzahl der Bau resp. der Flächenraum zu bemessen sei. Die Antwort hierauf ist nach den eingehenden Erörterungen von Zwez so zu fassen, dass, wenn nicht etwaige genaue statistische Ergebnisse einer langjährigen Beobachtungsreihe vorliegen, die augenblicklich vorhandene Schülerzahl einer kleinen Gemeinde zur Grundlage genommen werden möge und mit Rücksicht auf den zu erwartenden Zuwachs 50% der gefundenen Zahl hinzugerechnet werde. Falk hat für grössere Schulen grosser Städte angenommen, dass, wenn man die mittlere Schülerzahl der einzelnen Klassen in Anstalten derselben Kategorie kennen gelernt hat, für jede Klasse nur etwa $\frac{1}{6}$—$\frac{1}{4}$ der gefundenen Mittelzahl als Reserve anzunehmen sei.

Wenn der Baugrund nicht gar zu theuer ist, thut man indess sicher gut, und ganz besonders in grösseren Städten, auf ein beträchtliches Anwachsen der Schülerzahl zu rechnen und sich, wo möglich, von vornherein nicht nur auf etwaige Reserveklassen, sondern, wie Varrentrapp hervorhebt, auf eine vollständige Doppelschule mit Parallelklassen gefasst zu machen; nur so wird einer Ueberfüllung der Klassen von vornherein vorgebeugt werden; auf der anderen Seite wird sich dadurch wegen Vereinfachung der Leitung und gemeinsamer Benutzung gewisser Räumlichkeiten, der Bibliothek und auch der Lehrmittel manche Ersparniss erzielen lassen.

Ob es sich empfiehlt, das Schulgebäude gleich als Doppelschule auszubauen, oder es nur dem vorliegenden Bedürfniss entsprechend unter Hinzufügung einiger Reserveklassen einzurichten, dürfte haupt-

sächlich wohl von finanziellen Erwägungen abhängen. In letzterem Falle ist schon bei der ersten Anlage eines Schulhauses darauf Rücksicht zu nehmen, dass eine später nothwendig werdende Erweiterung sich bequem ausführen lässt, ohne die bestehende Hauptanlage zu stören und ohne viel von dem bestehenden Gebäude abreissen zu müssen (Regierung zu Breslau 22. März 1884). Bei ebenerdigen Schulbauten wird man daher die Mauerstärken derart bemessen, dass noch ein Geschoss aufgebaut werden kann (Hinträger).

So richtet sich die Bemessung des Bauplatzes, vielleicht auch, wenn möglich, die Gestalt desselben, von vornherein nach dem Bauprogramm, welches zunächst ins Auge zu fassen ist. — Für kleinste Gemeinden wird sich das Bauprogramm höchst einfach gestalten. Es sind erforderlich:

1. Ein Schulhaus mit 1—2 Klassenzimmern für je höchstens 80 Kinder mit Zugrundelegung einer Grundfläche von 0,74 qm pro Kopf, den nöthigen Verkehrsräumen und der meist ebenerdig neben den Schulzimmern liegenden Lehrerwohnung (1 Wohnzimmer, 1 Schlafzimmer, 1—2 Kammern, Küche, Speisekammer).
2. Aborte.
3. 1 kleines Wirthschaftsgebäude.
4. Turn- und Spielplatz.
5. Garten und Wirthschaftshof.

Um an einem praktischen Beispiele zu erörtern, beträgt die Platzgrösse für eine einklassige Schule mit 60 Kindern (ausgeführt in Westpreussen) 619 qm, also nahezu 10 qm pro Kopf. Von der Gesammtgrösse entfallen auf:

1. Das Schulhaus	164	qm
2. Die Aborte	6	„
3. Die Wirthschaftsgebäude .	59	„
4. Den Turn- und Spielplatz	390	„

Hierzu kommen in dem vorliegenden Falle noch 349 qm für den Wirthschaftshof, dessen Grösse von dem Umfange des mit der Lehrerstelle etwa verbundenen Landwirthschaftsbetriebes abhängt. — Nach den bestehenden Vorschriften ist in Frankreich auf dem Lande die Platzgrösse so zu bemessen, dass auf jedes Kind 10 qm entfallen. Dies deckt sich also mit dem obigen Beispiele.

Für Schulen grösserer Gemeinden und insbesondere für solche in grösseren Städten wird man a priori daran denken, mehrere Stock-

werke zu verwerthen, weil die sonst erforderliche Grösse des Bauplatzes weitaus zu theuer zu stehen käme. Der Bauplatz muss gross genug sein, das Schulgebäude selbst zu fassen, ferner einen Turnplatz, eine Turnhalle, 2 Spielplätze, für Knaben und Mädchen getrennt, eine verdeckte Halle, welche bei schlechtem Wetter den Kindern in den Zwischenpausen zum Aufenthalt dienen soll, und die für Knaben und Mädchen getrennten Abtrittsanlagen nebst Pissoirs.

Für die älteren Berliner Gemeindeschulen wurde, wie wir Gerstenberg's Mittheilungen entnehmen, folgendes Bauprogramm ausgegeben. Es wurde unter der Voraussetzung einer Knaben- und Mädchen-Abtheilung verlangt:

1. Ein Schulhaus.
2. Zwei Spielhöfe und ein Turnplatz.
3. Die erforderlichen Abtrittsanlagen.

Das Schulhaus muss mindestens 12 Schulklassen, 6 für Knaben und 6 für Mädchen, enthalten; wünschenswerth ist die Anordnung von 2 Reserveklassen. Jede Abtheilung bedarf eines besonderen Zuganges, wie denn überhaupt auf Trennung der Geschlechter geachtet wird. Ausserdem sind erforderlich:

Ein Prüfungssaal (Aula).
Ein oder zwei kleine Zimmer für Lehrer und Lehrerinnen.
Eine Dienstwohnung für den Hauptlehrer.
Eine desgleichen für den Schuldiener.
Räume zur Aufbewahrung von Feuermaterial.

Die beiden Spielhöfe sind von einander getrennt anzulegen. Der Turnplatz kann mit dem Spielhof der Knabenabtheilung in unmittelbarer Verbindung bleiben.

Ebenso sind die erforderlichen Abtrittsanlagen getrennt anzuordnen; mit dem Abtritt für die Knaben ist ein Pissoir zu verbinden.

Ausserdem ist für eine angemessene Zufahrt zu dem Grundstücke, für Anlegung von Brunnen, Müll- und Aschgruben, für Planirung, Bepflanzung und Umwährung des Grundstückes zu sorgen.

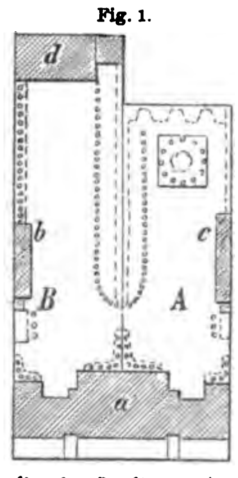
Zur Erledigung dieses Bauprogramms, welches wegen der Präcision seiner Forderungen hier vollständig mitgetheilt worden ist, fordert Gerstenberg[1]) ein Grundstück von 180—250 Quadrat-

[1]) Gerstenberg, Die Gemeindeschulen der Stadt Berlin. Zeitschrift für Bauwesen von Erbkam. Berlin 1869.

ruthen = 2553,2 qm bis 3546,2 qm, für welchen Fall er alsdann 35 Quadratruthen = 496,5 qm auf das Schulhaus, 40—45 Quadratruthen = 567,4—638,3 qm auf einen jeden der Spielhöfe und den Rest zum Theil zum Turnplatze, zum Theil zu einem an der Strasse anzulegenden Vorplatz verwendet.

Nimmt man eine Zahl von 60 Kindern für die einzelne Klasse an, so ist solches Schulhaus für 12 × 60 = 720 Schüler berechnet, woraus nun allerdings sofort einleuchtet, dass für den Spielplatz die von **Varrentrapp** verlangte Grösse von 3 qm pro Kopf weitaus nicht erreicht wird. Allerdings entsprechen, wie wir weiter sehen werden, bei der hier aufgestellten Rechnung die Schulzimmer nach jeglicher Richtung den hygienischen Forderungen, ja sie überragen in mancher Beziehung die als etwaige Durchschnittsmaasse von der Hygiene postulirten Raumbestimmungen, und es dürfte demgemäss der Mangel, welchen die Spielplätze darbieten, dadurch aufgewogen sein.

Fig. 1.



Plan einer Doppelschule in Berlin.

Dieses Bauprogramm hat nur in so fern allmählich gewisse Modificationen erlitten, als die zunehmende Schülerzahl die Stadtbehörden Berlins zwang, entweder besondere Schulen für beide Geschlechter zu bauen oder, was behufs Ersparniss je einer Aula und einer Turnhalle zweckmässiger erschien, wo möglich auf einem Grundstück zwei Schulen in Form der **Doppelschulen** herzustellen. Eine solche Doppelschule ist für etwa 2000 Kinder berechnet und beansprucht inclusive der Höfe für Knaben und Mädchen eine Fläche von 4500—5000 qm, eher etwas mehr als weniger.

So hat die 83/93. Schule[1]), erbaut 1875/76, einen Gesammtflächenraum von 5727 qm. Davon entfallen

auf das Schulgebäude selbst	891 qm,
auf die Turnhalle nebst Geräthekammer . . .	278 „
auf die Abtrittsgebäude	170 „
auf den Vorgarten	216 „
	1555 qm,
auf den Hofraum, die Umfassungsmauern und Trennungsmauern	4172 qm.

[1]) Bericht der Gemeindeverwaltung der Stadt Berlin, 1861—76. Berlin 1880. Heft II, p. 268.

Die umstehende Fig. 1 ergiebt übersichtlich den Plan der ganzen Anlage:

A. Mädchenhof.
B. Knabenhof.
a) Schulgebäude.
b) Knabenabtritt.
c) Mädchenabtritt.
d) Turnhalle.

Entsprechend dem rapiden Wachsthum der Berliner Bevölkerung ist auch der Umfang der Schulgebäude in neuester Zeit ein immer grösserer geworden. Statt der ursprünglichen 12—14 Klassen enthält eine unter einem Rector stehende Schule jetzt deren 16—18, eine Doppelschule also 32—36 mit ca. 2000 Kindern. Wenn auch die Schwierigkeit, passende Grundstücke zu finden, und die Höhe der alljährlich für Schulzwecke aufzuwendenden Summen diese Erscheinung erklären, so ist die übermässige Anhäufung von Schülern in demselben Gebäude gewiss nicht zu empfehlen, weil damit Uebelstände verknüpft sind, die z. B. bei eintretender Feuersgefahr oder bei dem Ausbruch von Epidemieen höchst verhängnissvoll werden können.

Das neueste Bauprogramm für eine Doppel-Gemeindeschule in Berlin fordert:

Ein Schulhaus mit Kellern, Erdgeschoss und 3 Obergeschossen.
Zwei Spielplätze und einen Turnplatz.
Eine Turnhalle.
Abtrittsanlagen in besonderen Gebäuden; Pissoirs für Knaben.
Ein Wohnhaus für 2 Rectoren, den Schuldiener und den Heizer.
In dem Schulhause sind nothwendig:

32—36 Klassenzimmer mit einem Flächenraum von je ca. 54 qm.
2 Zimmer für den physikalischen Unterricht von gleichem Flächenraum.
2 Amtszimmer von je ca. 30 qm Grundfläche.
2 Conferenzzimmer von 30—40 qm, die gleichzeitig als Räume zur Aufbewahrung von Lehrmitteln dienen.
1 Aula von etwa 20 : 10 m.
Corridore mit einer Breite von 3 m.

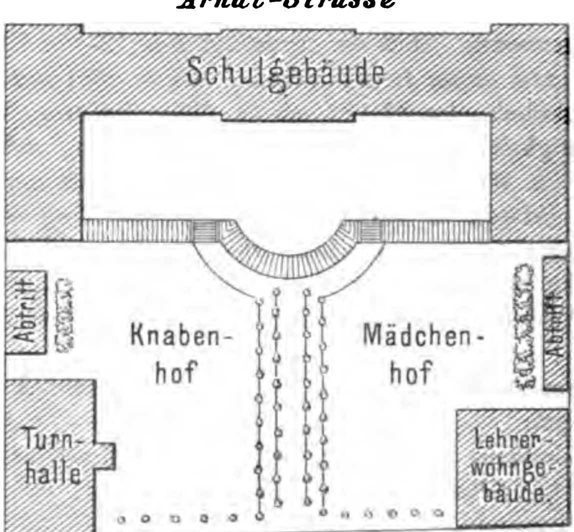
In dem Kellergeschoss sind die Räume zur Aufbewahrung des Heizmaterials vorzusehen, sowie die Einrichtungen für die Centralheizung und für eine Brausebadanlage unterzubringen.

Die Knaben- und die Mädchenabtheilung sind in dem Schulhause

vollständig von einander getrennt; nur auf den Corridoren sind Verbindungsthüren zwischen beiden Abtheilungen anzulegen. Liegen die beiden Schulhöfe zusammenhängend, so ist ihre Trennung durch eine Mauer nicht erforderlich. Der Turnplatz kann mit dem Spielplatz der Knaben in unmittelbarer Verbindung stehen.

Die von Gerstenberg angenommenen Grundstücksgrössen genügen also natürlich nicht mehr, und es werden jetzt 5000—6000 qm

Fig. 2.



Situationsplan der Doppel-Gemeindeschule in der Bergmannstrasse in Berlin.

zu verlangen sein. Nach dem Bauprogramm für eine neue Berliner Doppelschule mit 38 Klassenräumen beträgt:

Grösse des Schulhauses	1254	qm
„ der Turnhalle	308	„
„ des Knabenabortes	69	„
„ „ Mädchenabortes	52	„
„ „ Lehrerwohnhauses	238	„
„ der beiden Höfe	3385	„
„ der Mauern der Umwährung	60	„
Sa.	5366	qm.

Von den neuesten Bauten der Gemeindeschulen in Berlin geben wir nachstehend eine Reihe von Lageplänen, um die beste Aus-

nutzung der in ihrer Gestalt äusserst verschiedenen Grundstücke zu zeigen. Das Grundstück der Doppelschule in der Bergmannstrasse

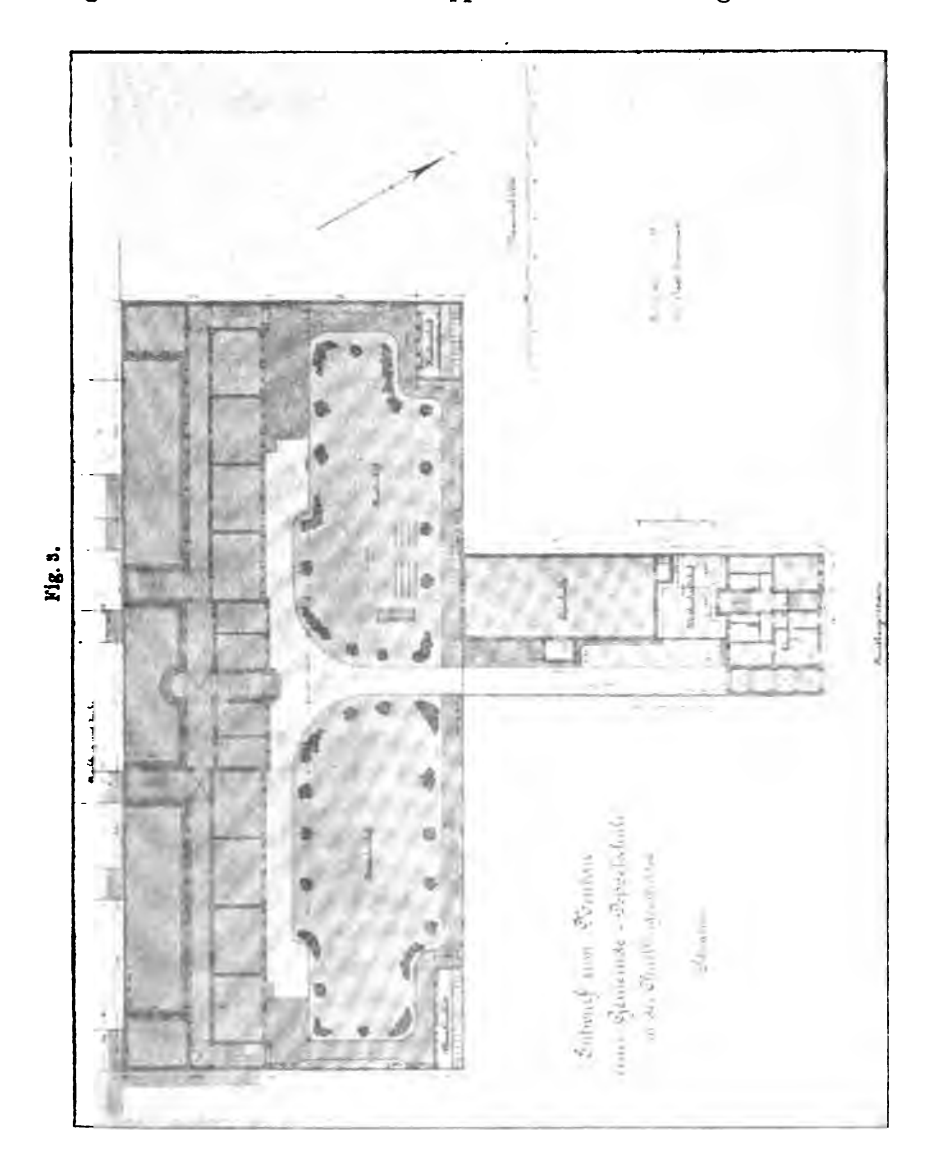


Fig. 3.

(Fig. 2) liegt als Rechteck zwischen zwei Strassenfronten, nämlich zwischen der Bergmannstrasse und der Arndtstrasse. Hart an der letzteren ist das Schulgebäude errichtet, welches jedoch nur von der Seite der Bergmannstrasse aus zugänglich ist, und zwar durch zwei

Treppen innerhalb einer Rasenböschung, da die Arndtstrasse um fast 4 m höher liegt als die Bergmannstrasse. An letzterer befindet sich

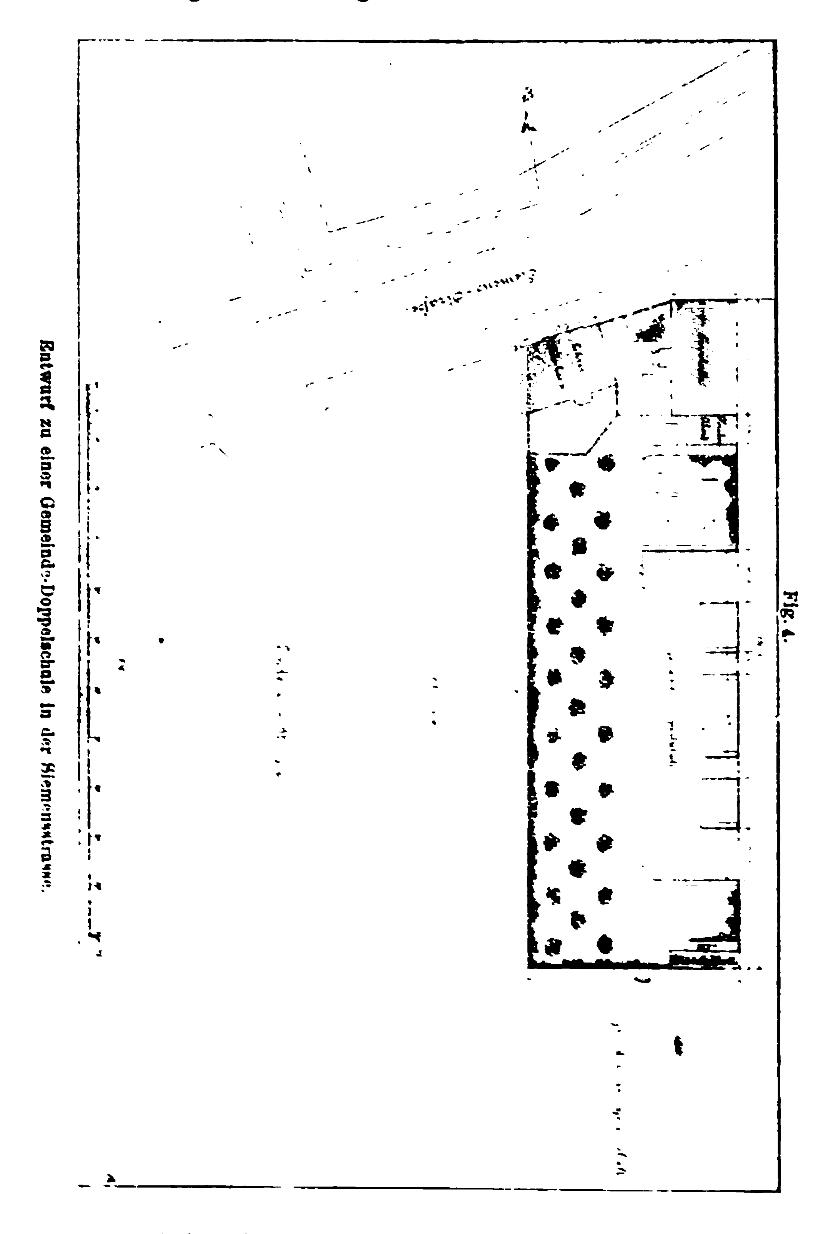


Fig. 4.

Entwurf zu einer Gemeinde-Doppelschule in der Siemensstrasse.

an der westlichen Grenze das Wohngebäude für die beiden Rectoren, den Schuldiener und den Heizer, an der östlichen Seite die Turn-

halle. Die Abortgebäude liegen an den Brandmauern der nachbarlichen Grundstücke.

Fig. 5.



Neubau der Gemeinde-Doppelschule in der Petersburgerstrasse.

Eingebaut ist die Gemeinde-Doppelschule in der Christburgerstrasse (Fig. 3). Der rechteckige, auf Hinterland gelegene Bauplatz, der das Schulhaus, die beiden Schulhöfe und die getrennt liegenden

Aborte für Knaben und Mädchen enthält, ist mit der Strasse durch einen 48,15 m langen und 19 m breiten Theil verbunden, auf dem vorn an der Strasse das Wohnhaus für die Rectoren mit einer Durchfahrt und rechts neben dem Zugange die Turnhalle steht.

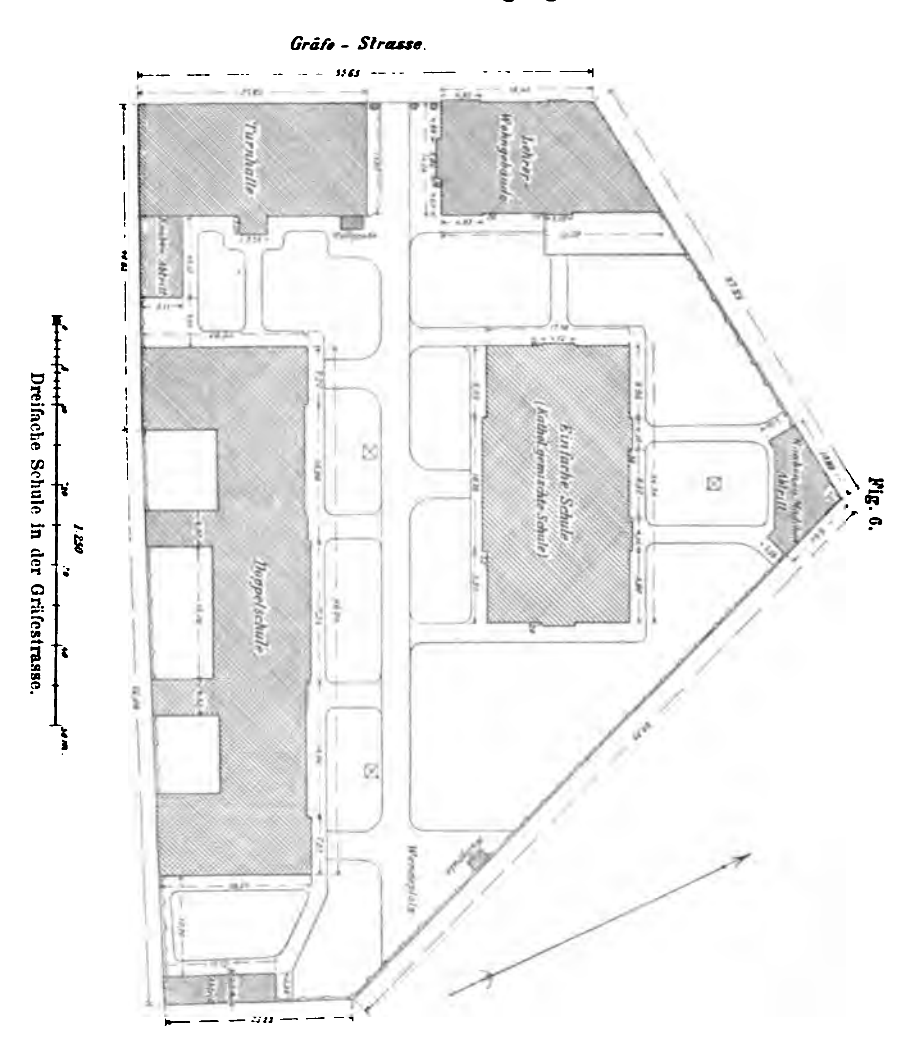


Fig. 6.

Dreifache Schule in der Gräfestrasse.

Gleichfalls eingebaut ist die Doppelschule in der Siemensstrasse (Fig. 4). An letzterer liegt das Lehrerwohngebäude und die Turnhalle. Der Zugang für die Schüler theilt das langgestreckte Grundstück in zwei annähernd gleiche Theile, von denen der eine den Schulhof bildet, während der andere das Schulhaus trägt. Die

Aborte liegen gegenüber den beiden Seitenfronten des Schulhauses. Zwischen letzterem und dem Knabenabort befindet sich der Turnplatz.

Fig. 7.

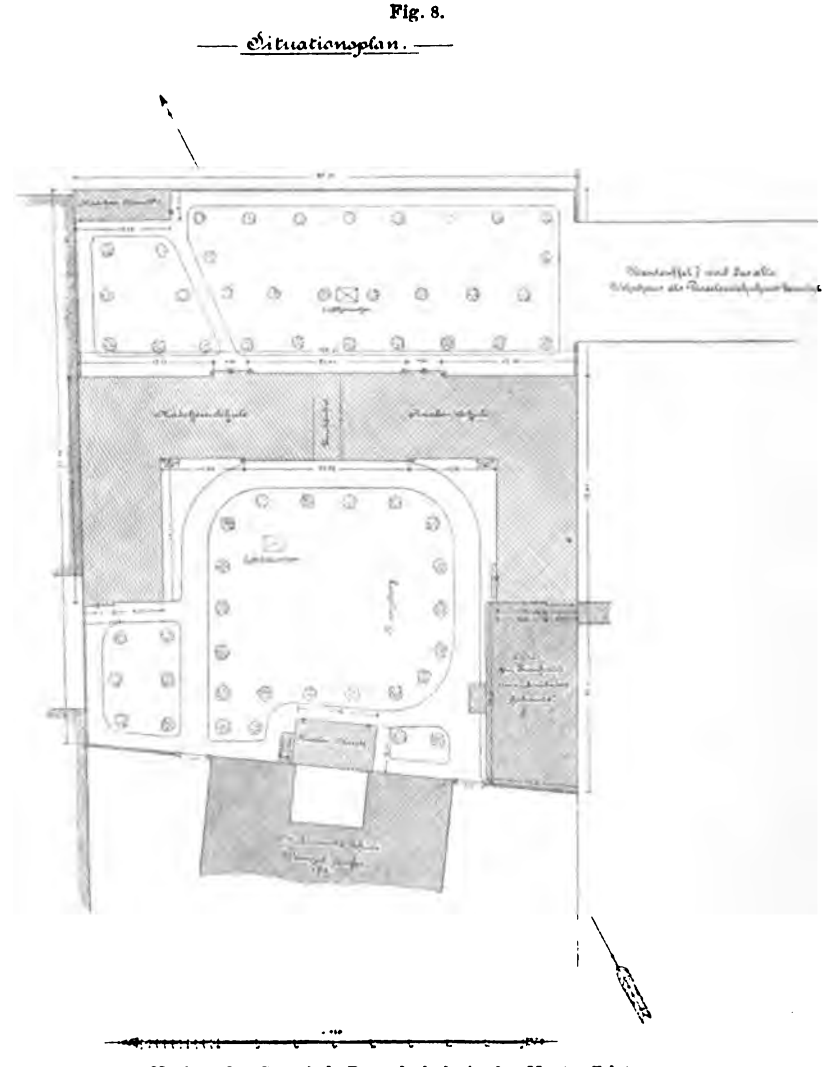


Entwurf zu einer dreifachen Schule in der Stephanstrasse.

Eingebaut ist auch die Doppelschule in der Petersburgerstrasse (Fig. 5). Der schmale Theil, mit welchem das Grundstück an

die Strasse stösst, trägt das Wohngebäude für die Rectoren, während sich auf dem Hinterlande die erforderlichen Gebäude und Plätze in trefflicher Anordnung finden.

Fig. 8.

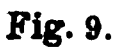


Neubau der Gemeinde-Doppelschule in der Manteuffelstrasse.

Als Beispiel, wie eine dreifache Schule auf einem unregelmässig gestalteten Grundstück untergebracht ist, diene der Situationsplan des Schulgrundstückes in der Gräfestrasse (Fig. 6). An der Strasse stehen das Lehrerwohngebäude und die Turnhalle, zwischen denen sich

der Eingang zu dem Grundstücke befindet. Ein Mittelweg, der gleichzeitig als Zufahrt dient, trennt das Grundstück in einen dreieckigen und einen rechteckigen Theil. Auf letzterem liegen eine

Fig. 9.

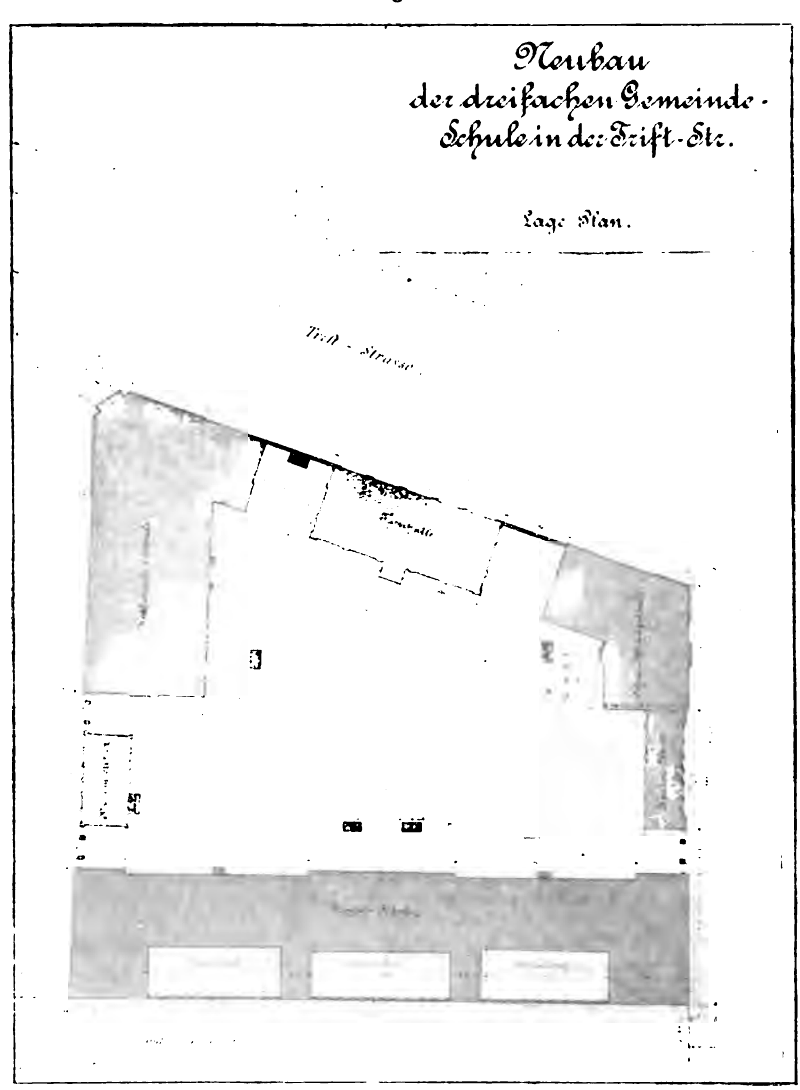


Neubau der Gemeinde-Doppelschule in der Gotzkowskystrasse.

Doppelschule für evangelische Knaben und Mädchen und die erforderlichen Aborte. Auf dem dreieckigen Theil ist eine einfache Schule errichtet, die für katholische Knaben und Mädchen bestimmt ist. Hinter diesem Schulhause liegen die für die katholischen Schüler nothwendigen Aborte, die zwar in einem Gebäude untergebracht

sind, aber besondere Eingänge für jedes Geschlecht haben. Die Spielhöfe der einzelnen Schulen sind vielfach von den gepflasterten Zugängen und Wegen unterbrochen.

Fig. 10.



Zweiseitig eingebaut ist die dreifache Schule in der Stephanstrasse (Fig. 7). Das Grundstück stösst mit einem schmalen Theile an die Quitzowstrasse, wo das Lehrerwohngebäude steht, während ein

breiterer Theil bis an die Stephanstrasse reicht, an deren Front das Gebäude für eine gemischte katholische Schule errichtet ist. Hinter den Seitenflügeln dieses Schulhauses liegen die Aborte, getrennt für beide Geschlechter. Auf dem umfangreichen Hinterlande befinden sich das Doppelschulhaus für evangelische Knaben und Mädchen, die für diese erforderlichen Abortgebäude, die Turnhalle und die Spielplätze.

Vollständig auf Hinterland liegt die Doppelschule in der Manteuffelstrasse (Fig. 8). Das Grundstück, auf dem das Schulhaus, die Aborte, die Turnhalle und die Spielhöfe sich befinden, stösst an das Grundstück der Schule in der Wrangelstrasse und ist durch einen Zugang von der Manteuffelstrasse her erreichbar, wo auch ein vorhandenes altes Wohnhaus als Lehrerwohngebäude eingerichtet ist.

Wie ein Grundstück mit zwei Strassenfronten auszunutzen ist, zeigt der Lageplan für die Schule in der Gotzkowskystrasse (Fig. 9). Nach der Strasse 32a, in deren Richtung das Grundstück seine grösste Ausdehnung hat, liegt die Hauptfront des Schulhauses, das von der Strasse möglichst zurückgerückt ist. An dieser Strasse befindet sich die Turnhalle, während an der Gotzkowskystrasse das Lehrerwohngebäude errichtet ist.

Ein an drei Strassenfronten gelegenes Grundstück zeigt die dreifache Schule in der Triftstrasse (Fig. 10). Das langgestreckte Doppelschulhaus für evangelische Kinder reicht mit seinen beiden Strassenfronten bis an die Müllerstrasse und an die Strasse 2 und ist von diesen beiden Strassen her erreichbar. Die katholische Schule liegt an der Ecke zwischen Triftstrasse und Strasse 2 und hat von letzterer ihren besonderen Zugang. Die Lage der übrigen Gebäude und Plätze ist aus der Zeichnung leicht erkennbar.

Das für die Gemeindeschulen Berlins entworfene Programm findet sich im Wesentlichen auch in den Publicationen der Münchener Behörden wieder. Dieselben verlangen das Schulhaus [1]) für Knaben und Mädchen gemeinschaftlich und fordern:

1. Das Hauptgebäude.
2. Das Nebengebäude.
3. Hof und Spielplatz.

---

[1]) Programm für den Bau von Schulhäusern in München 1873. 1874.

I. Hauptgebäude. In 4 Stockwerken ausser den Corridoren und Treppen:

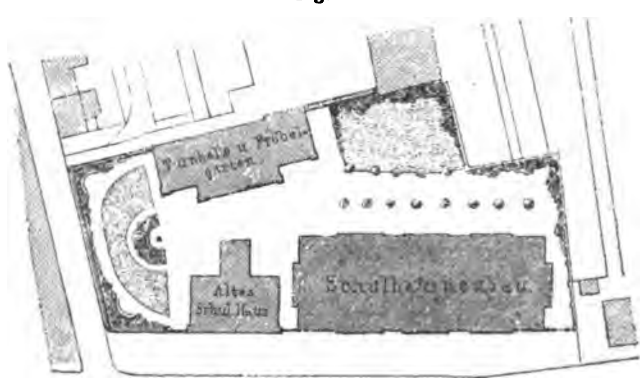
1. 22 Schulsäle incl. Zeichensaal und Saal für den naturwissenschaftlichen Unterricht.
2. Zimmer für Conferenzen und Bibliothek.
3. Dienstzimmer für den Oberlehrer.
4. 2 Arreste.
5. Hausmeisterwohnung (3 Zimmer und 1 Küche).
6. Ein Saal zur Vertheilung von Suppe an arme Schulkinder mit daneben befindlicher Küche.
7. Abtritte.

II. Nebengebäude. 2 Stockwerke.

1. 2 Turnsäle mit Nebenräumen.
2. 2 Säle für einen Fröbel'schen Kindergarten mit Nebenräumen.
3. Waschküche für den Hausmeister.
4. Abtritte.

Dieses Programm ist in dem Schulhausneubau der Vorstadt Haidhausen festgehalten, wie aus beistehendem Situationsplan (Fig. 11) ersichtlich ist.

Fig. 11.



Situationsplan einer Münchener Schule.

Schliesslich geben wir noch die Grössenverhältnisse einer Leipziger Schulanlage, der von Baudirector Licht erbauten VIII. Bezirksschule [1]). Sie ist für Knaben und Mädchen bestimmt und fasst in

[1]) Deutsche Bauzeitung 1887, p. 85.

46 Klassen 2070 Kinder. Die Gesammtfläche des Bauplatzes beträgt 5197 qm und vertheilt sich folgendermassen:

Grösse des Schulhauses	. . . . . .	1740 qm
„ der Turnhalle	. . . . . .	295 „
„ „ Aborte	. . . . . .	90 „
„ „ Verbindungsgänge	. . . .	120 „
„ des Wirthschaftshofes	. . . .	200 „
„ der Vorgärten	. . . . . .	538 „
„ „ beiden Spielplätze	. . . .	2214 „
Summa	. . .	5197 qm.

Die Grösse der Spielplätze ist sehr knapp bemessen; denn es entfällt auf jedes Kind nur etwas mehr als 1 qm. Dagegen kommt in den Klassenzimmern auf einen Schüler eine Bodenfläche von 1,30 qm und ein Luftraum von 5,19 cbm.

Um nun einen raschen Ueberblick über das Raumbedürfniss für den Bauplatz zu gewähren, seien in der folgenden Tabelle die Grundstückgrössen einer grösseren Anzahl Berliner Gemeindeschulen beigefügt.

Nummer der Schule	Lage des Grundstückes	Zahl der Klassenzimmer	Rectorwohnungen	Aula	Schuldienerwohnungen	Turnhalle	Grösse des Grundstückes qm
17	Ackerstrasse 67	16	1	—	1	—	3500,00
15	Kastanien-Allee 82 . . .	14	1	1	1	1	3682,00
23	Straussbergerstrasse 9 . .	20	1	1	1	1	3007,06
27 u. 44	Wilhelmstrasse 117 . .	12} 13}	2	1	2	1	3002,58
35	Bernauerstrasse 89/90 . .	16	1	—	1	1	2355,44
61	Stralsunderstrasse 70/71 .	14	1	1	1	—	5579,98
46	Lausitzer Platz	15	1	1	1	1	1923,10
33 u. 66	Friedenstrasse 19/20 . .	15} 15}	2	1	2	1	3959,00
74 u. 79	Pappel-Allee 30/31 . . .	16} 16}	2	1	2	1	5673,80
56	Hochstrasse 4	16	1	1	1	—	6766,00
52 u. 71	Fruchtstrasse 38	16} 16}	2	1	2	1	4654,00
177 u. 191	Görlitzerstrasse 51 . . .	18} 18}	2	1	2	1	5000,00
135 u. 137	Friedenstrasse 37 . . .	18} 18}	2	1	2	1	4638,00
22 u. 173	Pallasstrasse 15	18} 18}	2	1	2	1	6517,00

Nummer der Schule	Lage des Grundstückes	Zahl der Klassenzimmer	Rector-wohnungen	Aula	Schuldiener-wohnungen	Turnhalle	Grösse des Grundstückes qm
144, 176 u. 184	Gräfestrasse 85/88 . . .	18 18 25	3	2	2	1	6881,00
39, 183 u. 196	Triftstrasse 48/50 . . .	19 20 21	3	2	2	1	6712,00
168, 182 u. 189	Stephanstrasse 27 . . .	18 18 19	3	2	2	1	7267,95
193 u. 195	Manteuffelstrasse 7 . . .	17 18	2	1	1	1	5652,00
199 u. 205	Gotzkowskystrasse . . .	18 18	2	1	1	1	5556,26
206 u. 212	Siemensstrasse 20/21 . .	18 18	2	1	1	1	5574,97
204 u. 213	Christburgerstrasse 18 .	20 20	2	1	1	1	5509,87
3 u. 203	Petersburgerstrasse 4 . .	19 20	2	1	1	1	5365,47

Neuerdings werden in einzelnen Schulen auch Räume für Kinderhorte und vereinzelt als Versuch auch Küchen für den Unterricht der grösseren Mädchen in der Haushaltungskunde vorgesehen. In den obengenannten Schulen finden wir:

Triftstrasse 48/50 . . . . 2 Kinderhorte und 1 Kochküche,
Stephanstrasse 27 . . . . 2 „
Manteuffelstrasse 7 . . . . 1 „
Gotzkowskystrasse . . . . 2 „
Christburgerstrasse 18 . . 2 „

Die Rectorwohnungen sind in der letzten Zeit immer in einem besonderen Gebäude untergebracht.

Zum Vergleich erwähnen wir noch einige Münchener Gemeindeschulen für Knaben und Mädchen [1]).

	Wittelsbacherstrasse . .	13 13	—	—	1	2	3150,00
	Am Marsplatz	15 15	—	—	1	2	3710,00
	Bergmannstrasse . . .	15 15	—	—	1	2	4190,00

[1]) Nach Angaben des Stadtbauamtes in München.

Für die höheren Schulen (Gymnasien, Realgymnasien, Oberrealschulen, Realschulen, höhere Töchterschulen) ist das Programm einmal durch die Schülerzahl, weiterhin aber durch die eigentlichen Erfordernisse des höheren Schulunterrichts bedingt; so braucht das Gymnasium neben den eigentlichen (9—18) Klassenzimmern

1. einen Raum für den physikalischen Unterricht nebst einem Zimmer für Apparate,
2. einen Raum für den chemischen Unterricht resp. ein chemisches Laboratorium,
3. einen Raum für die naturhistorische Sammlung,
4. Zeichensaal,
5. Gesangssaal,
6. 2 Bibliothekzimmer, 1 für Lehrer, 1 für Schüler,
7. eine grosse Aula,
8. grösseres Conferenzzimmer,
9. Amtszimmer für den Director, zugleich Archiv, womöglich mit Vorzimmer,
10. ein Zimmer des Schuldieners in der Nähe des Haupteinganges.

Ausserdem sind erforderlich eine Turnhalle und ein Spielhof, Schüler- und Lehreraborte und Wohnungen für den Director und den Schuldiener.

Wenn nun gleich bei der Raumdisposition auch hier mehrere Stockwerke in Aussicht genommen werden — so bei den Berliner höheren Schulen 4 Stockwerke — so wird dennoch bei der Menge der gestellten Anforderungen die Grösse des benöthigten Bauplatzes eine sehr erhebliche, und dieselbe wächst natürlich in dem Maasse, als dem eigentlichen Gymnasium vielfach jetzt eine Elementarschule unter dem Namen der „Vorschule“ oder „Vorbereitungsschule“ mit 3—6 Klassen angeschlossen wird.

Bei der Complicirtheit der so in Betracht kommenden Verhältnisse lassen sich gewisse Normen für die Grösse und die Disposition des Bauplatzes kaum geben; nur so viel sei erwähnt, dass bei den neueren Bauten für höhere Schulen die Directorialwohnungen zumeist in besonderen Gebäuden sich befinden, und dass auch die Schuldienerwohnung häufig entweder in dem Erdgeschoss des Directorwohnhauses oder ebenfalls in einem eigenen Gebäude untergebracht wird. Aus schultechnischen Gründen würde die Lage der Dienstwohnungen im Schulhause selbst und zwar im Erdgeschoss am liebsten gewählt; indess gehen bei einer derartigen Anordnung

gute Räume für Unterrichtszwecke verloren; auch ist es schwierig, bei den gegebenen Dimensionen und der Fensterausbildung eines

Fig. 12.

Schloss - Str.

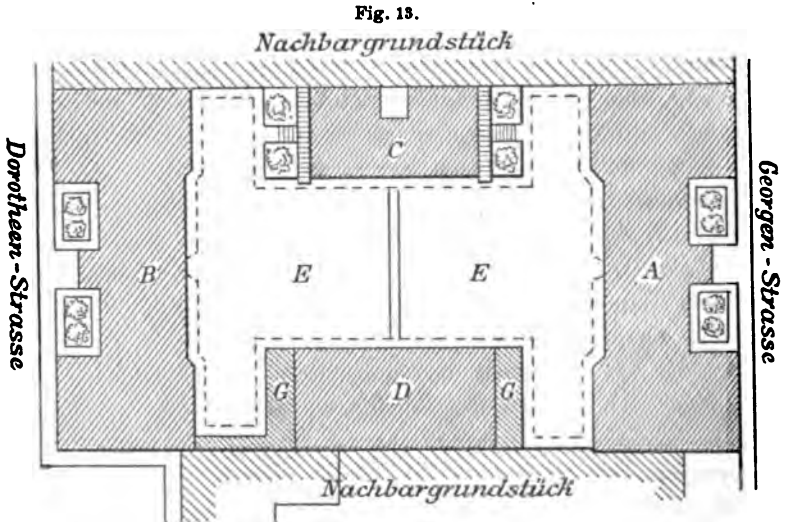
Turnhalle. Nachbargrundstück Schulhaus Turnplatz Schulhaus Abort Nachbargrundstück

Kasernen - Str.

Schulhausgruppe in Stuttgart.

Schulgebäudes eine günstige Anlage der Wohnungen zu erreichen. Namentlich aber aus hygienischen Gründen ist es durchaus geboten,

Fig. 13.



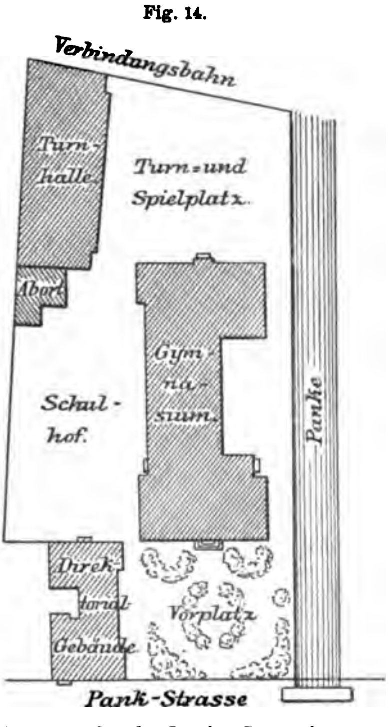
A. Dorotheenstädtisches Realgymnasium. B. Friedrich-Werder'sches Gymnasium. C. Directorwohnung. D. Turnhalle. EE. Hof. GG. Retiraden.

dass Familienwohnungen nicht in das Schulgebäude selbst, sondern in ein besonderes Gebäude in möglichster Nähe der Schule gelegt werden, damit keine Uebertragung ansteckender Krankheiten aus den

Familienwohnungen in die Schule stattfinden kann. Lässt sich die Anordnung von Dienstwohnungen im Schulgebäude selbst nicht vermeiden, so ist auf strenge Trennung derselben von den Klassenzimmern Bedacht zu nehmen und für gesonderte Eingänge und Treppen Sorge zu tragen.

Für grosse Städte und bei relativ beschränkten Raumverhältnissen ergiebt sich, schon um die Schulen nicht zu weit nach entlegenen Stadtgegenden zu bringen, vielfach die Nothwendigkeit, mehrere Schulen auf einen Platz zusammenzulegen, wodurch zumeist wenigstens eine Raumersparniss durch die Anlage nur einer Turnhalle und eines Turnplatzes ohne Beeinträchtigung hygienischer Forderungen erreicht werden kann. Diese sog. „Schulhausgruppen" können Gebäude derselben oder auch verschiedener Schulgattungen umfassen. Im Allgemeinen wird man aber wohl die Anordnung niederer und höherer Schulen auf demselben Grundstück vermeiden.

Fig. 14.



Situationsplan des Lessing-Gymnasiums in Berlin.

Fig. 12 zeigt den Lageplan eines Grundstückes für zwei städtische Bürgerschulen für Knaben und Mädchen in Stuttgart.

Ein anderes vortreffliches Beispiel einer derartigen Disposition des Bauplatzes ergiebt die Anlage des Friedrich-Werder'schen Gymnasiums und des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums in Berlin, welche aus beistehender Fig. 13 leicht ersichtlich ist.

Das vor 10 Jahren erbaute Lessing-Gymnasium an der Pankstrasse in Berlin (Fig. 14) umfasst

1. das Gymnasialgebäude,
2. die Turnhalle,
3. das Abortgebäude,
4. Turn- und Spielplatz,
5. den Schulhof,

6. einen Vorplatz,
7. das Directorialgebäude.

Begrenzt wird der Bauplatz von der Panke, der Eisenbahn, von Nachbargrundstücken und von der Pankstrasse.

Fehlerhaft würde es sein, was indess leider auch in Berlin geschehen ist, aus Rücksicht auf zweckmässige Raumdisposition höhere Knaben- und Töchterschulen auf demselben Grundstück unterzubringen; dies ist weder von hygienischem noch von pädagogischem Standpunkte aus zu billigen.

B. Bauart und Construction im Allgemeinen.

Ueber die Bauart und Construction des Schulhauses, welche ebenso wie bei allen Gebäuden nach den anerkannten Regeln der Baukunst erfolgt, und für welche besondere gesetzliche und polizeiliche Vorschriften massgebend sind, soll hier nur allgemein bemerkt werden, dass dieselbe eine möglichst einfache und solide sein muss, weil die Behandlung aller Theile des Schulhauses meist eine wenig rücksichtsvolle und die Abnutzung daher eine ausserordentlich grosse ist. Eine in allen Theilen möglichst gediegene Ausführung ist nicht nur wünschenswerth, damit die vom Staat und den Communen errichteten Schulgebäude als Muster dienen und eine günstige Rückwirkung auf den Privatbau ausüben, sie ist auch besonders im Interesse der Feuersicherheit durchaus nothwendig.

An Orten, in denen eine gut organisirte Feuerwehr vorhanden ist, sollte man in der Anbringung von directen Schutzvorrichtungen gegen Feuersgefahr (an Steigerohre oder Wasserleitung angeschraubte Schläuche, Feuerleitern, Eimer, Löschbomben und Extincteuren) nicht zu viel thun (Behnke), weil derartige Einrichtungen im Augenblick der Gefahr versagen können und bei nicht sachgemässer Bedienung mehr schaden als nützen. Den besten Schutz gegen die bei dem Ausbruch eines Feuers für viele Hunderte von Menschen entstehende Gefahr bildet nächst einer möglichst feuersicheren Construction die ganze Anlage und Disposition des Gebäudes, welche eine schnelle und sichere Entleerung desselben gewährleisten muss. Bezüglich der Vorkehrungen zur Sicherstellung fiscalischer Gebäude gegen Feuersgefahr sind in Preussen durch Circular-Erlass an Stelle der früheren Bestimmungen vom 21. August 1884 die vom Minister der öffentlichen Arbeiten am 1. November 1892 erlassenen „Be-

stimmungen über die Bauart der von der Staats-Bauverwaltung auszuführenden Gebäude unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrssicherheit" als massgebend eingeführt, auf welche hiermit verwiesen wird.

Durch diese Bestimmungen wird für Neubauten von öffentlichen Volksschulhäusern die Anlage von Blitzableitern vorgeschrieben, wenn die Nothwendigkeit derartiger Anlagen nachgewiesen ist.

Neben der Forderung, dass das Schulgebäude in constructiver und hygienischer Beziehung möglichst vollkommen sei, ist doch auch zu wünschen, dass es bei aller Einfachheit eine künstlerische, architektonische Durchbildung des Aeusseren wie des Inneren erhalte, würdig der hohen Bestimmung, der das Bauwerk dient. In dieser Hinsicht sagt Behnke im „Handbuch der Architektur": „Das Innere des Schulhauses soll hell und luftig gestaltet sein; harmonisch in Form und Farbe sollen die Räume sein, in denen die Kinder so viele Jahre ihres Lebens zubringen und die ersten dauernden Eindrücke in sich aufnehmen. Das Kind soll, wenn dies nöthig, nicht nur den Sinn für Ordnung und Reinlichkeit, sondern auch den Sinn für Schönheit aus der Schule mit nach Hause und mit sich in das Leben tragen."

Auf die speciellen Bauconstructionen wird später ausführlich zurückgekommen werden.

Das Schulgebäude.

A. Grundrissbildung.

Die Gestaltung des Grundrisses eines Schulhauses hängt hauptsächlich ab:

a) von der Form, Grösse und Lage des Bauplatzes; der Forderung nach Licht und Luft muss genügt werden, möge das Gebäude frei stehen, oder möge es sich auf einer bezw. zwei Seiten an Nachbarhäuser anlehnen;

b) von den zur Verfügung stehenden Mitteln; man trachte danach, den Grundriss möglichst einfach, zweckentsprechend und auch in den Verkehrsräumen, den Corridoren, Vorräumen und Treppen, stattlich zu gestalten;

c) von der Gattung der Schule (niedere oder höhere) und dem dadurch bedingten verschiedenen Raumerforderniss.

Von entscheidendem Einfluss auf die Grundrissbildung muss ferner sein:

d) ob die Schule nur für Knaben oder Mädchen oder für beide Geschlechter gemeinsam bestimmt ist, wodurch namentlich die Anlage der Eingänge und Treppen beeinflusst wird;

e) die Anlage einer Aula und deren Anordnung, ob an der Vorder- oder Hinterfront, ob in der Mittelachse oder unsymmetrisch an dem einen Ende derselben;

f) ob die Corridore zweiseitig oder nur einseitig bebaut werden sollen oder theils ein-, theils zweiseitig; die beiden letzteren Anordnungen verdienen bei mehrgeschossigen Schulgebäuden jedenfalls den Vorzug vor der ersteren, wegen der besseren Beleuchtung und Lüftung;

g) wieviele Obergeschosse verlangt werden.

Die Zahl der Stockwerke des Schulgebäudes wird natürlich von dem Bauprogramm einerseits und den allgemeinen baupolizeilichen Bestimmungen andererseits abhängig sein. Hygienisch liegen keine Gründe für die Forderung vor, dass sämmtliche Klassenzimmer ins Erdgeschoss verlegt werden, wenngleich eine allzu hohe Stockwerksanlage nicht wünschenswerth erscheint; es leuchtet ein, dass namentlich in grossen Städten wegen des hohen Werthes der Grundstücke, welche eine möglichst günstige Ausnützung derselben als Bauplätze erheischen, von Benützung höherer Stockwerke zu Schulzimmern nicht wird Abstand genommen werden können. — Dem gegenüber macht Klette[1]) den Vorschlag, nur einstöckige Schulhäuser zu errichten, deren Klassen durchweg mit Oberlicht beleuchtet werden sollen; er glaubt, dass, wenn auch die Kosten derartiger Anlagen die eines mehrstöckigen Baues übersteigen würden, dennoch die Möglichkeit, das Schulhaus erst allmählich, dem Bedürfniss entsprechend, fertigstellen zu können, ein für manche Gemeinden wichtiges Moment sei, da sie nicht gezwungen sind, das ganze erforderliche Capital auf einmal festzulegen. Dies mag vielleicht für kleine Gemeinden zutreffend sein. Wenn übrigens der Vorschlag, nach dem Vorbilde des Pavillonsystems für Krankenhäuser von dem Bau riesiger Schulhäuser zu mehr decentralisirten Anlagen überzugehen, manche Vorzüge zu haben scheint, so dürfte derselbe nicht allein an dem Mangel entsprechend grosser Bauplätze und an dem Kostenpunkt scheitern, sondern es liegen auch Gründe vor, diese für Krankenhäuser so wichtige Decentralisation für Schulhausanlagen nicht ohne Weiteres, zum mindesten nicht in dem gleichen Maasse, wie für jene zu empfehlen.

Nach dieser Richtung hin ist besonders der Plan der Stadt Ludwigshafen, an Stelle der grossen Schulgebäude nur Pavillonbauten aufzuführen, erörtert worden. Auf dem umfangreichen Schulgrundstücke von ungefähr 15000 qm sind 14 einstöckige und 3 zweistöckige Schulpavillons mit 38 Klassenzimmern erbaut. Etwa ein Drittel des gesammten Platzes wird durch die in gleichmässigen Abständen sich vertheilenden Gebäude eingenommen, während der übrige Raum für Turn- und Spielplätze bestimmt ist. Jedes einstöckige Häuschen enthält 2 Schulsäle, ein kleines Lehrerzimmer, eine Kindergarderobe und die entsprechenden Aborte. Alle Schul-

---

[1]) Klette, a. a. O. S. 79.

zimmer, deren Fensterfläche etwa einem Viertel der Fussbodenfläche entspricht, empfangen ihr Licht von Norden oder Osten. Die drei unterkellerten zweistöckigen Bauten enthalten Brausebäder. Die Kosten der ganzen Anlage sind auf 632000 M. veranschlagt.

Es ist klar, dass eine derartige Pavillonanlage mannigfache hygienische Vortheile hat. Luft und Licht sind in reichem Maasse vorhanden, die Quellen der Luftverderbniss auf einen grossen Raum vertheilt. Die freien, mit Rasen, Buschwerk und Bäumen bestandenen Plätze wirken kühlend und staubreinigend auf die zuströmende Luft. Für jedes Schulhaus, ja sogar für jede Klasse lassen sich eigene Schulhöfe und Spielplätze anlegen, wodurch die Nachtheile beseitigt sind, die sich aus dem Aufenthalt von allen Schülern einer etwa 20klassigen Schule auf einem Hofe während der Pausen ergeben. Beim Auftreten ansteckender Krankheiten ist die etwa erforderliche Schliessung eines zweiklassigen Schulhauses weniger störend als diejenige einer grossen Anstalt. Diesen Vortheilen stehen aber auch ebenso schwerwiegende Nachtheile gegenüber, einmal die schon erwähnten grösseren Kosten für den Bauplatz, welche in letzter Linie zu unzweckmässiger Sparsamkeit bei der Bauausführung verleiten, sodann aber auch die ungünstigere Beheizung und die Schwierigkeiten in der Ausnützung der vorhandenen Lehrmittel, vor allem aber in der Beaufsichtigung der Schulkinder während der Zwischenpausen. Man wird daher dem Pavillonsystem für Schulbauten nur unter ganz besonderen Verhältnissen das Wort reden können, sondern wird für grössere Schulen von vornherein die Ausführung mehrstöckiger Bauwerke ins Auge fassen können. — Falk[1]) spricht bestimmt aus, dass mehr als zwei Stockwerke wegen der Beschwerlichkeit des Hinauf- und Hinabgelangens der Schulkinder zu meiden seien. Nach Pappenheim[2]) sollen die jüngsten Klassen einer Schule das Erdgeschoss und die ersten beiden Stockwerke in Besitz nehmen, die älteren Schüler das dritte Stockwerk, wenn ein solches nicht zu vermeiden sei; besser sei es indess, auch jüngere Kinder einige Treppen in ein höheres Stockwerk steigen zu lassen, wenn man ihnen so mehr Sonne gewähren kann. — Alles in Allem kann die Frage über die Höhenlage der Klassenlokale nicht allgemein beantwortet werden, sondern man wird die besonderen Ververhältnisse im Einzelfalle zu berücksichigen haben.

---

[1]) Falk, a. a. O. S. 12.
[2]) Pappenheim, a. a. O. S. 428.

Mit dieser Auffassung stimmt auch diejenige von Zwez[1]) überein, welcher es nicht für gerechtfertigt hält, ein absolutes Verbot der Schulstuben höher als zwei Treppen aufzustellen. Gegen die Anlage eines dritten Obergeschosses glaubt er um so weniger einwenden zu müssen, als daselbst die seltener benutzten Räume, wie Gesangssaal, Zeichensaal, Sammlungen u. s. w. ihren Platz finden können. In der That werden denn auch in grossen Städten die Gemeindeschulen fast immer viergeschossig gebaut (Erdgeschoss und drei Obergeschosse) und auch in kleineren Städten erhalten dieselben selten weniger als drei Stockwerke.

Wie man sieht, wirken zahlreiche Momente bestimmend auf die Grundrissbildung ein, und es werden dieselben mannigfaltige, von Fall zu Fall verschiedene Lösungen herbeiführen. Möge es sich nun um kleine Schulgebäude oder um grössere Anlagen handeln, so wird man einer Forderung, die auch bei öffentlichen Preisbewerbungen besonders betont wird, unter allen Umständen möglichst gerecht werden müssen, dass nämlich der Grundriss des Schulhauses gute Beleuchtung, leichte Durchlüftung der Corridore und Treppen, Uebersichtlichkeit und bequeme Zugänglichkeit zu den Klassenräumen gewährleiste.

Es mögen im Folgenden, anfangend mit den einfachsten Fällen und fortschreitend zu complicirteren Anlagen, einige Beispiele vorgeführt werden, aus denen die Grundrissgestaltung der verschiedenen Arten von Schulgebäuden ersichtlich wird.

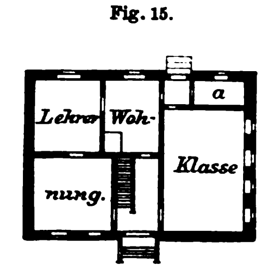
Die einfachsten Verhältnisse sind bedingt durch die Forderung eines Klassenzimmers für eine einklassige Volksschule, in welcher alle Kinder eines Schulbezirkes gleichzeitig unterrichtet werden, nebst der Wohnung für einen verheiratheten Lehrer. Fig. 15 zeigt den im Auftrage des preussischen Unterrichtsministeriums entworfenen Grundriss für eine einklassige Dorfschule in der Provinz Posen. Das Schulzimmer, für 60 Kinder berechnet und so geräumig vorgesehen, dass auf jedes Kind 0,80 qm Bodenfläche kommen, hat seinen besonderen Eingang und neben demselben einen kleinen abgeschlossenen Raum für die Garderobe (a). Zur Wohnung des Lehrers gehören 2 Stuben und Küche im Erdgeschoss, 1 Stube und 1 Kammer im Dachgeschoss und 1 Waschküche im Keller.

Gleichfalls vom preussischen Unterrichtsministerium ist der in Fig. 16 dargestellte Plan für ein zweiklassiges Schulhaus in

[1]) Zwez, a. a. O. S. 18.

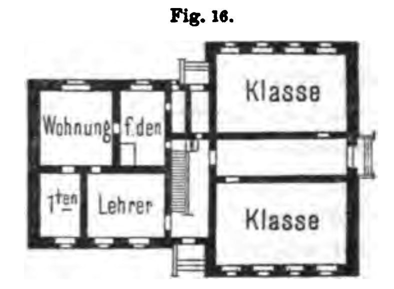
der Provinz Posen entworfen, welches im Erdgeschoss 2 an einem besonderen, von aussen direct zugänglichen Schulflur angeordnete Klassenzimmer für 72 bezw. 76 Kinder enthält. Die ebenfalls im Erdgeschoss liegende Wohnung des ersten (verheiratheten) Lehrers hat einen besonderen Eingang und besteht aus 2 Zimmern, Küche und Speisekammer. Der die Klassen enthaltende Querbau ist in seiner lichten Höhe unabhängig von der Lehrerwohnung und gestattet bei Annahme eines angemessen hohen Drempels in seinem Dachgeschoss die Unterbringung einer zweiten Lehrerwohnung, welche entweder für einen unverheiratheten Lehrer aus Stube und Kammer besteht, oder in welcher für einen verheiratheten Lehrer 2 Stuben und Küche gerade, die Kammern aber schräge Decken erhalten. Bei günstigen Grundwasserverhältnissen wird unter der Wohnung ein Keller mit Waschküche und sonst erforderlichen Kellerräumen an-

Fig. 15.



Einklassiges Schulhaus für die Provinz Posen.

Fig. 16.



Zweiklassiges Schulhaus für die Provinz Posen.

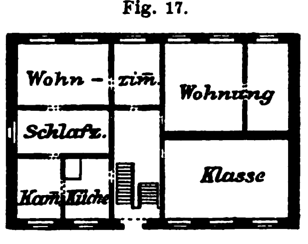
gelegt. Ist der Grundwasserstand ein solcher, dass die Anlage wasserfreier Keller unter dem Schulhause eine zu bedeutende Erhebung des Erdgeschosses bedingen würde, so müssen Kellerräume entweder im Wirthschaftsgebäude oder in einem besonderen Kellerbau angeordnet werden.

Sind drei Klassenzimmer erforderlich und sollen für die drei dann erforderlichen Lehrer Wohnungen beschafft werden, so ergiebt sich eine Anordnung, wie sie die Dorfschule zu Kiebel zeigt, von welcher Fig. 17 den Grundriss des ersten Obergeschosses darstellt. Dasselbe enthält ein Klassenzimmer, eine für einen verheiratheten Lehrer bestimmte Wohnung, die aus 3 Stuben, Kammer und Küche besteht, und eine Wohnung von 2 Zimmern für einen unverheiratheten Lehrer. Das Erdgeschoss zeigt denselben Grundriss; nur ist an Stelle der Wohnräume für den unverheiratheten

Lehrer ein Klassenzimmer vorgesehen. (Preussisches Unterrichts-Ministerium vom 18. November 1887.)

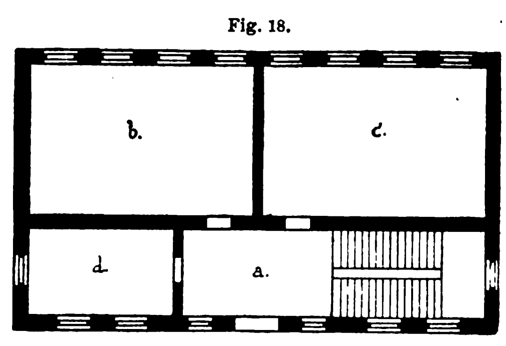
Eine treffliche Anordnung für ein vierklassiges Schulhaus giebt Hinträger in Fig. 18. a ist der Vorraum bezw. Corridor, b und c sind die Klassenzimmer, d kann als Garderobenraum benutzt werden; die vorgeschlagene Verwendung dieses Raumes zur Einrichtung der Aborte kann nicht empfohlen werden, weil es auf jeden Fall nothwendig ist, die Aborte in ein besonderes Häuschen ausserhalb des Schulgebäudes zu legen. Im Obergeschoss kehrt dieselbe Anordnung der Räume wieder. Setzt man noch ein zweites Stockwerk auf, so erhält man ein sechsklassiges Schulhaus. Indess würde es empfehlenswerther sein, wenn man sich auf das Erd- und das Obergeschoss beschränkte und in jedem Stockwerke 3 Klassenzimmer anlegte und zwar so, dass bei entsprechender Vergrösserung der Länge des Schulhauses das dritte Schulzimmer mit den vorhandenen Klassen b und c gleiche Gestalt und Lage erhält. Zu wünschen ist allerdings bei diesem Grundrisse eine Berücksichtigung gewisser für den Schulbetrieb nothwendiger Nebenräume, wie Lehrerzimmer, Räume zur Aufbewahrung von Lehrmitteln etc.

Fig. 17.



Schulhaus zu Kiebel (Obergeschoss).

Fig. 18.



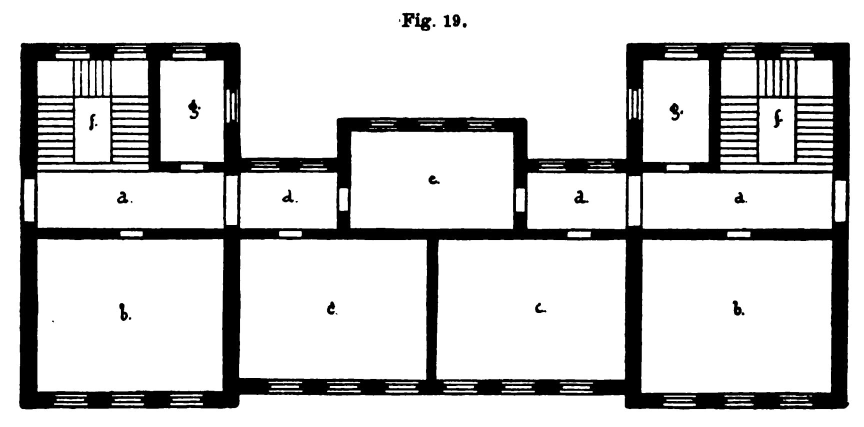
Vier- bezw. sechsklassiges Schulhaus (nach Hinträger).

Einen Idealplan nennt Hinträger den in Fig. 19 dargestellten Grundriss eines acht- resp. zwölfklassigen Schulhauses, je nachdem dasselbe 1 oder 2 Obergeschosse enthält. Bei einer vollkommen symmetrischen Anlage des Gebäudes ist eine gänzliche Trennung der Knaben und Mädchen ermöglicht, die durch gesonderte Eingänge und Treppenhäuser f zu ihren Klassenzimmern gelangen. a sind die Vestibüle, d die Corridore, b und c die Klassenzimmer. Die Räume g können zur Aufbewahrung der Garderobe oder als Lehrmittelräume dienen; sie zur Anlage der Closets zu benutzen, ist vom hygienischen Standpunkte nicht zu billigen. Das Zimmer e, das von beiden Abtheilungen her

zu erreichen ist, kann als Lehrer- oder Conferenzzimmer Verwendung finden.

In ähnlicher Weise ist von Wendorf das Schulgebäude in Langensalza [1]) ausgeführt worden. Es ist eine Doppelschule und enthält in 3 Geschossen 18 Klassen, von denen 7 für die Bürgermädchenschule und 11 für die Volksmädchenschule bestimmt sind, ferner im ersten Obergeschoss in der Mitte nach der Hinterfront ein Conferenzzimmer und darüber im zweiten Obergeschoss ein kleines physikalisches Cabinet und ein Bibliothekzimmer. Jede Schule hat einen besonderen Eingang, eigene Treppe und einen besonderen Ausgang, der auf die ebenfalls getrennten Spielplätze mit den erforderlichen Abortanlagen führt. Die Trennung der beiden Schulen

Fig. 19.



Acht- bezw. zwölfklassiges Schulhaus (nach Hinträger).

erfolgt durch Abschlusswände im Corridor, welche gleichzeitig den Verkehr von der einen Seite nach der anderen gestatten. Der direct beleuchtete Corridor ist auf den mittleren Theil des Gebäudes beschränkt und hat nach der Hinterfront zu eine Erweiterung erhalten, um die Garderobe der Kinder ausserhalb der Klassen unterbringen zu können, und um den Schülerinnen bei schlechtem Wetter geschützten Aufenthalt vor Beginn des Unterrichts und während der Pausen zu gewähren. Das Gebäude ist vollständig unterkellert; das Kellergeschoss enthält ausser der Wohnung für den Schuldiener 2 Räume für Brennmaterial und für jede Schule eine Badeanlage

[1]) Prämiirter Concurrenzentwurf von Wendorf in: Blattner, Neue Schulbauten.

mit Douche-, Aus- und Ankleideraum. — Es mag darauf hingewiesen werden, dass das Schulgebäude natürlich auch als Doppelschule für Knaben und Mädchen benutzt werden könnte.

Das gleichfalls von Wendorf ausgeführte Volksschulgebäude für Knaben in Eschwege [1]) unterscheidet sich von den vorher besprochenen namentlich dadurch, dass die Klassen zu beiden Seiten eines 3 m breiten, durchgehenden Mittelcorridors angeordnet sind, der von den beiden Enden durch grosse Fenster, sowie von der Mitte durch das Treppenhaus genügendes Licht empfängt und auch leichte Durchlüftung ermöglicht. Die 16 Klassenzimmer, 10 für je 65 und 6 für je 50 Schüler, sind in 3 Geschossen vertheilt. Ausser den Klassenzimmern liegen im Erdgeschoss die Schuldienerwohnung, im ersten Obergeschoss das Rectorzimmer und das Conferenzzimmer, im zweiten Obergeschoss ein Sammlungsraum, ein Zeichensaal für 65 Schüler und ein Modellraum, sowie eine Combinationsklasse für 110 Schüler. Im Kellergeschoss des nach dem etwas veränderten Entwurf ausgeführten Gebäudes befinden sich ausser Räumen für Kohlen u. s. w. die Kesselanlage und Luftheizkammern für eine Central-Niederdruck-Dampfheizung. Das Schulgebäude ist durch einen bedeckten Gang mit der Turnhalle, welche zugleich als Aula benutzt werden soll, und mit dem seitlich an die Turnhalle sich anlehnenden Abortgebäude verbunden.

Fig. 20 stellt den Grundriss einer grossen Volksschule dar (VIII. Bezirksschule in Leipzig von Baudirektor Licht). Dieselbe ist für Knaben und Mädchen bestimmt und enthält in 4 Geschossen 46 Klassen für über 2000 Kinder. Für jede Abtheilung ist ein besonderer Eingang und eine besondere Treppe vorgesehen. Ausser der Schuldienerwohnung im Erdgeschoss, einer Aula und einem Zeichensaal im dritten Obergeschoss sind, in den einzelnen Geschossen vertheilt, ein Bibliothekzimmer, ein naturwissenschaftliches Lehrzimmer, Conferenzzimmer, Lehrerzimmer u. s. w. angeordnet. Die 4 m breiten, im wesentlichen zweiseitig bebauten Corridore erhalten durch grosse Fenster an den Enden derselben, sowie durch zwei Erweiterungen an der Hinterfront genügendes Licht. Da die Trennung der Knaben- und Mädchenabtheilung nicht durch einen festen Abschluss erfolgt ist, so kann, falls eine der beiden an den Giebelseiten angeordneten

[1]) Prämiirter Concurrenzentwurf von Wendorf in: Neumeister und Häberle, Deutsche Concurrenzen.

hölzernen Haupttreppen durch Feuer zerstört wird, die andere von jedem Punkte des Gebäudes aus erreicht werden. Zwei geschlossene Gänge verbinden das Schulgebäude mit der für beide Abtheilungen gemeinsamen Turnhalle und den gesonderten Aborten.

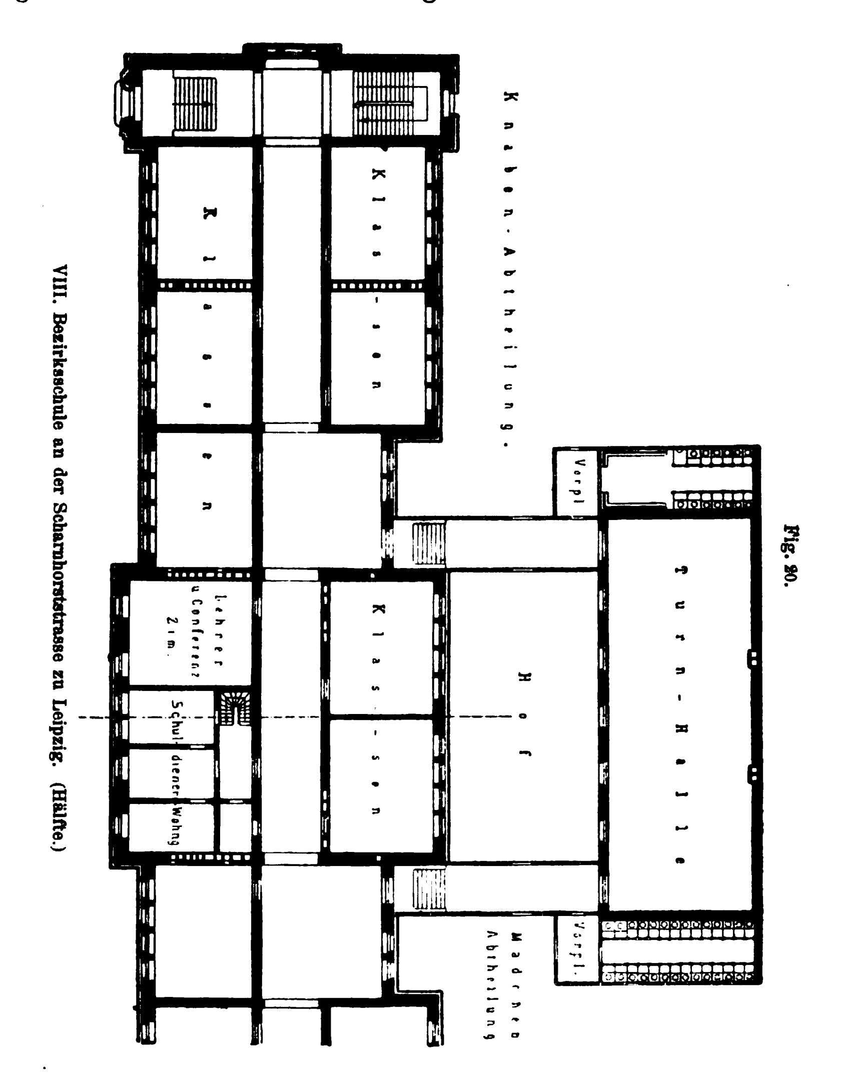


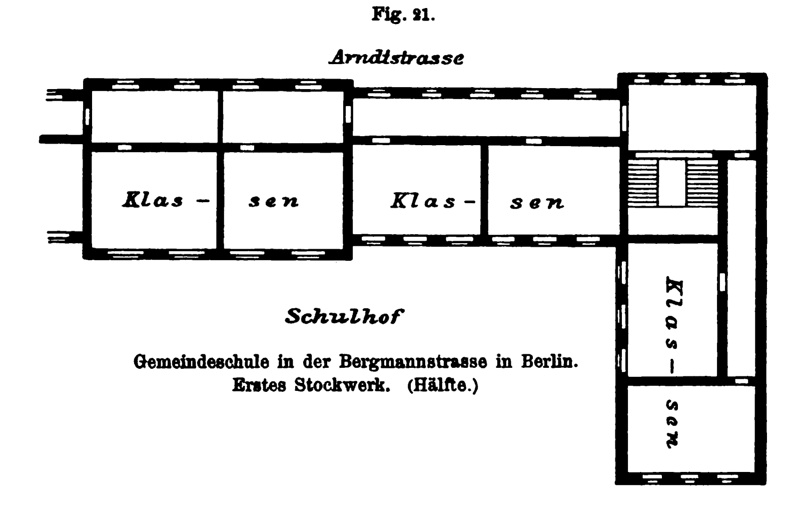
Fig. 20.

VIII. Bezirksschule an der Scharnhorststrasse zu Leipzig. (Hälfte.)

Eine neuere Berliner Gemeindeschule (erbaut 1884/85), die seitlich an die Brandmauern der Nachbargebäude angebaut ist, ist die in Fig. 21 dargestellte Schule an der Bergmannstrasse. Die Hauptfront, an der die Corridore liegen, steht dicht an der Strasse, während

die Klassenfenster nach dem Hofe gerichtet sind. Das Schulgebäude enthält im Erdgeschoss und in 3 Obergeschossen 34 Klassen für je 60—70 Kinder, die nöthigen Verwaltungsräume und im Mittelbau des zweiten und dritten Obergeschosses eine Aula. An den Ecken des Hauses liegen die grossen Treppenhäuser. — Die Wohnungen der Rectoren und der Schuldiener befinden sich in besonderen Gebäuden, ebenso die Bedürfnissanstalten. — Im Gegensatz zu dem älteren Typus, bei dem die meist zweiseitig bebauten Corridore möglichst eingeschränkt sind und die Lehrerwohnungen sich in dem mittleren Theil des Gebäudes befinden, ist die Schule in der Bergmannstrasse als eine sehr geräumige Anlage zu bezeichnen. Die

Fig. 21.



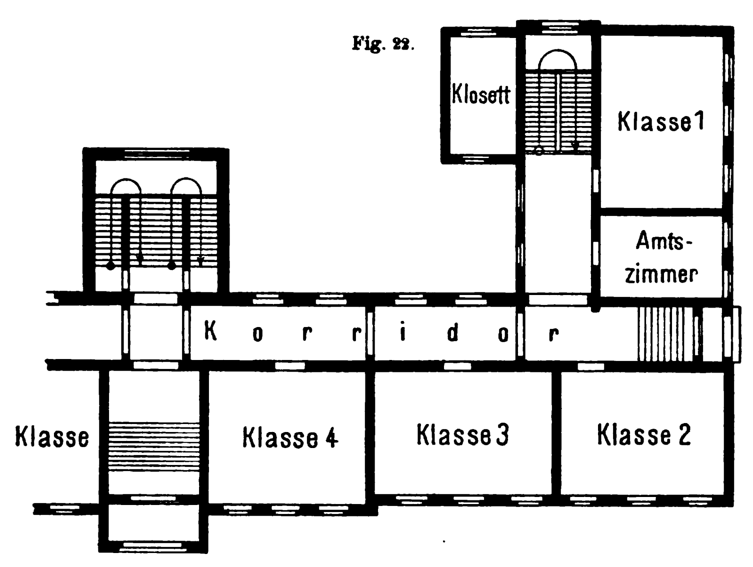
Gemeindeschule in der Bergmannstrasse in Berlin.
Erstes Stockwerk. (Hälfte.)

Beleuchtung und Lüftung der Gänge in den Seitenflügeln dürfte aber wohl kaum genügen.

Das Schulhaus in der Diestelmeyerstrasse (59. u. 181. Gemeindeschule) ist in den Jahren 1892/93 erbaut und enthält 36 Klassenzimmer, 2 Amtszimmer, 2 Conferenzzimmer, 2 Lehrmittelzimmer und 1 Aula (Fig. 22 u. 23). Das Erdgeschoss ist oben zur Hälfte dargestellt; die andere Hälfte zeigt den gleichen Grundriss. Im ersten und zweiten Stockwerke liegen an der Stelle des Amtszimmers und des Giebeleinganges je ein Klassenzimmer, und an Stelle des Mitteleinganges befinden sich im ersten Stockwerke die beiden schmalen Lehrmittelzimmer und im zweiten Stockwerke die beiden Conferenzräume. Im dritten Stockwerke liegt die Aula. Versuchsweise sind in diesem Schulhause die Aborte neben dem Treppenhause angelegt und

zwar im Kellergeschoss, im Erdgeschoss, im ersten und zweiten Stockwerke, so dass die Kinder eine halbe Treppe hinunter steigen müssen, um zu den Closets zu gelangen. Trotz guter Wasserspülung

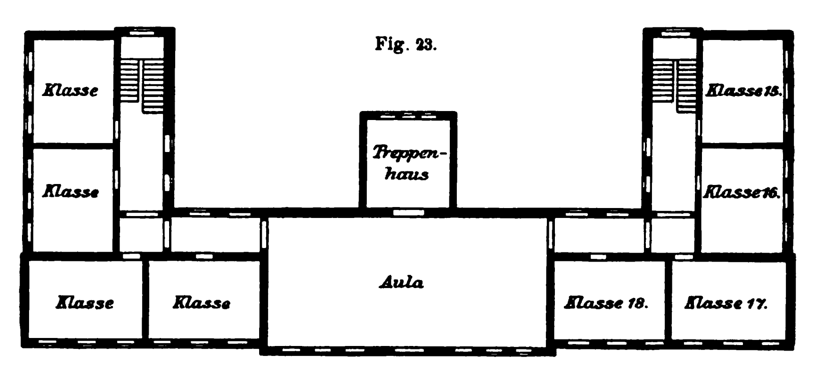
Fig. 22.



Gemeindeschule in der Diestelmeyerstrasse in Berlin. Erdgeschoss (Hälfte).

hat sich diese räumliche Verbindung der Aborte mit den Schulräumen nicht bewährt; denn immer, namentlich aber im Sommer, erfüllen üble

Fig. 23.



Gemeindeschule in der Diestelmeyerstrasse in Berlin. Drittes Stockwerk.

Gerüche die Treppenhäuser und die Corridore. In Folge dieser Erfahrung hat man in Berlin bei den neuesten Schulgebäuden, wie früher stets geschehen ist, die Aborte wieder in einiger Entfernung

von den Schulhäusern angelegt. Wir geben nachstehend noch einige Maasse aus diesem Schulhause:

Klasse 1:	Länge	8,59 m,	Breite	6,25 m,	Fensterbreite	1,57 m
„ 2:	„	9,00 „	„	5,99 „	„	1,57 „
„ 3:	„	9,08 „	„	5,99 „	„	1,57 „
„ 4:	„	8,07 „	„	6,64 „	„	1,57 „
Amtszimmer:		4,95 „	„	6,25 „	„	1,57 „

Corridor: Breite 3 m.

Mittelgang: Breite 3,92 m.

Treppe des Mitteleinganges: Mitteltheil 2,60 m breit, jeder Seitentheil 1,50 m breit.

Aula: Länge: 20,82 m, Breite 10,28 m, Breite des Mittelfensters 2,35 m, der übrigen Fenster 1,57 m.

Die Maassverhältnisse der Zimmer in den oberen Stockwerken sind etwas grösser, weil die Wände nach oben hin etwas dünner werden.

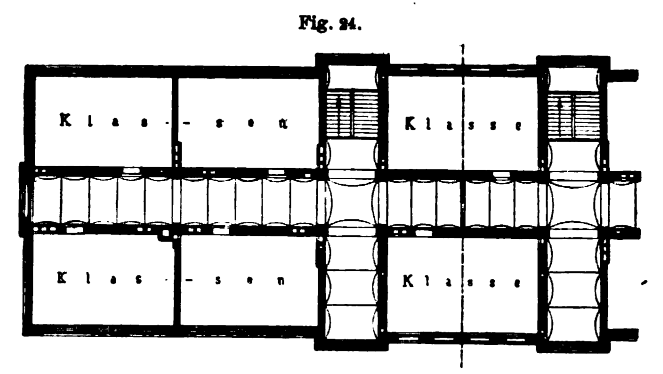
Stärke der Aussenwände 0,64 bezw. 0,51 m.
„ „ Trennungswände zwischen den Corridoren und den Schulräumen 0,51 m.
„ „ Trennungswände zwischen je zwei Schulzimmern 0,38 bezw. 0,25 m.

Wie die Grundrisse der beiden letztgenannten Berliner Gemeindeschulen zeigen, haben die Corridore an einer Längsseite Fenster, während an der gegenüberliegenden Seite sich die Klassenzimmer befinden. Diese Anordnung, die den Vortheil einer ausreichenden Beleuchtung und einer leichten, durch Oeffnung der Fenster auszuführenden Lüftung der Corridore hat, steht im Gegensatze zu den beiderseitig bebauten Corridoren, einer Grundrissbildung, der man auch in Berlin früher zuneigte und von welcher die Gemeindeschule in der Culmstrasse in Berlin (Fig. 24) ein charakteristisches Bild zeigt. Bei dieser Anlage erhalten die Corridore ihr Licht nur durch die Fenster an der Giebelfront und durch die Fenster der an den Seiten des Mittelbaues liegenden beiden Treppenhäuser, wodurch sowohl die Beleuchtung als auch die Lüftung der Corridore wesentlich ungünstiger ist als bei einseitig bebautem Mittelgange. Das Schulhaus ist eine Doppelschule und hat im Erdgeschoss und drei Obergeschossen 35 Klassenzimmer mit den erforderlichen Nebenräumen. Die Wohnungen der Rectoren und des Schuldieners be-

finden sich in einem besonderen Gebäude, ebenso auch die Bedürfnissanstalten.

Die einfache Schule in der Gerhardtstrasse ist noch insofern nach dem alten Typus gebaut, als im Erdgeschoss (Fig. 25) die Rectorwohnung vorgesehen ist, die aus 5 Stuben, Küche, Mädchengelass, Speisekammer und Closet besteht. Der Eingang zu derselben erfolgt von der linken Durchfahrt her, an der auch das Treppenhaus liegt. Neben der Rectorwohnung befindet sich im Hauptgebäude die Wohnung des Schuldieners, aus 3 Stuben, Küche und Closet bestehend. Im Seitenflügel liegen, durch eine Treppe vom Hofe her zugänglich, 2 Klassenzimmer, deren gemeinsamer Corridor den ganzen Seitenflügel durchzieht und sein Licht vom Treppenhause und von

Fig. 24.



Gemeinde-Doppelschule an der Culmstrasse zu Berlin (Hälfte).

einem grossen Giebelfenster her empfängt. Der Mangel, der entsteht, dass die Seitenfronten des Grundstückes etwas schiefwinklig zu der Vorderfront stehen, wird dadurch zum grossen Theile ausgeglichen, dass die linke Durchfahrt und das Treppenhaus im rechten Seitenflügel schiefwinklig gestaltet sind, so dass fast alle Zimmer rechtwinklig angelegt werden konnten. Das erste und zweite Stockwerk enthalten im Wesentlichen Schulzimmer. Im dritten Stockwerke (Fig. 26) befinden sich an der Vorderfront des Hauptgebäudes 3 Klassenzimmer und 1 Kartenzimmer und an der Hinterfront 1 Klassenzimmer, während im Seitenflügel die Aula untergebracht ist. Das Kellergeschoss umfasst an der Vorderfront den Kellerraum für die Centralheizung mit den Kohlenräumen und ein Reinigungszimmer zur Unterbringung der für die Reinigung des Schulhauses erforderlichen Geräthschaften. Im rechten Seitenflügel liegt die Luftkammer und die für den Privatgebrauch des Rectors und des Schuldieners bestimmte Waschküche.

Von der 1896 fertig gewordenen Gemeinde-Doppelschule in der Christburgerstrasse zeigen uns Fig. 27, 28 u. 29 den Grundriss der verschiedenen Stockwerke. Im Erdgeschoss (Fig. 27 unten) führen der Haupteingang in der Mitte des Gebäudes und zwei kleinere Eingänge an beiden Enden der Hauptfront über einige Stufen auf den das ganze Gebäude seiner Länge nach durchziehenden, seitlich be-

Fig. 25.

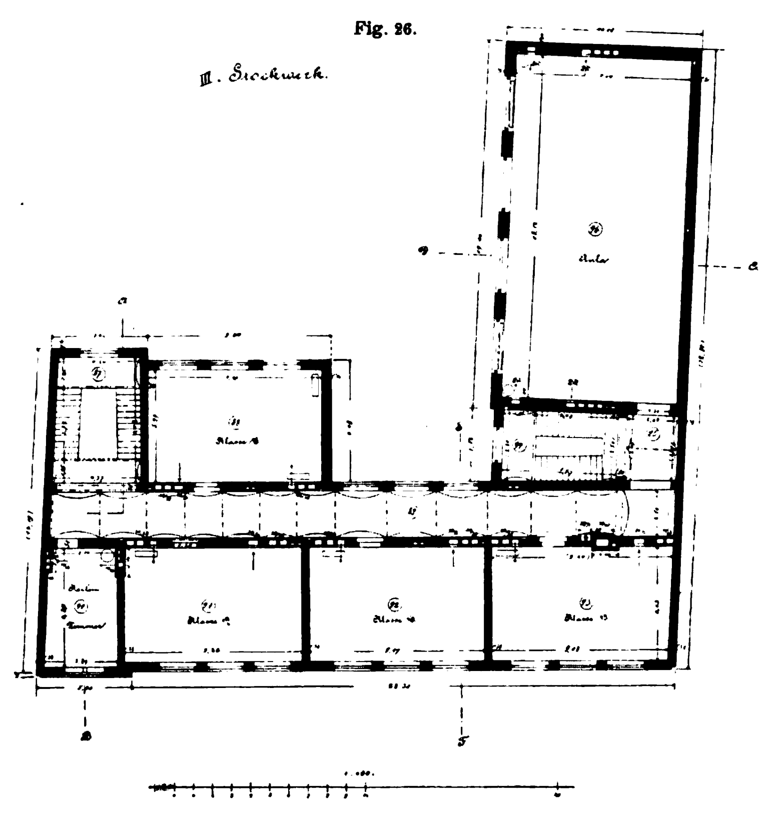


Einfache Gemeindeschule in der Gerhardtstrasse.

leuchteten Corridor, an dessen einer Seite zweimal 4 Klassenzimmer liegen, während sich in unmittelbarer Nähe des Mitteleinganges 2 Amtszimmer und 2 Lehrer- bezw. Kartenzimmer befinden. In zwei kleinen an der Rückfront vorspringenden Flügeln, die den Mitteltheil des Gebäudes begrenzen, sind die Treppenhäuser untergebracht; in zwei weiteren kleinen Seitenflügeln sind im Erdgeschoss Räume für Kinderhorte vorgesehen. Diese Kinderhorte, welchen die Aufgabe zufällt, die Kinder in der schulfreien Zeit unter Aufsicht zu belassen,

werden neuerdings in den Berliner Schulen gern eingerichtet. Im ersten Stockwerke (Fig. 27 oben) finden wir wieder zweimal 4 Klassen. Ueber dem links vom Haupteingange gelegenen Amtszimmer und dem benachbarten Lehrerzimmer befindet sich die Klasse für den physikalischen Unterricht; der Raum über dem Haupteingange ist das Apparatenzimmer, und an Stelle der links vom Haupteingange

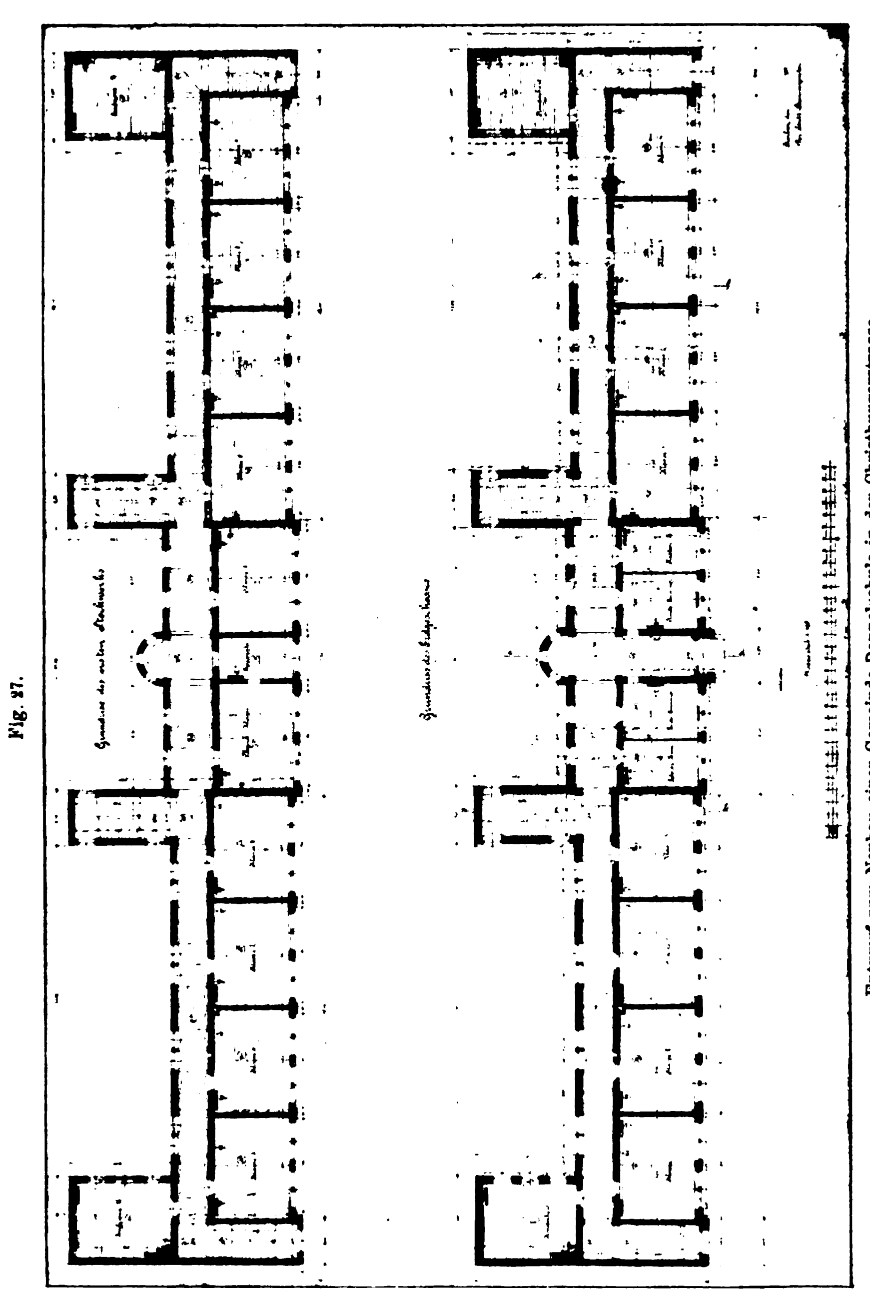
Fig. 26.



Einfache Gemeindeschule in der Gerhardtstrasse.

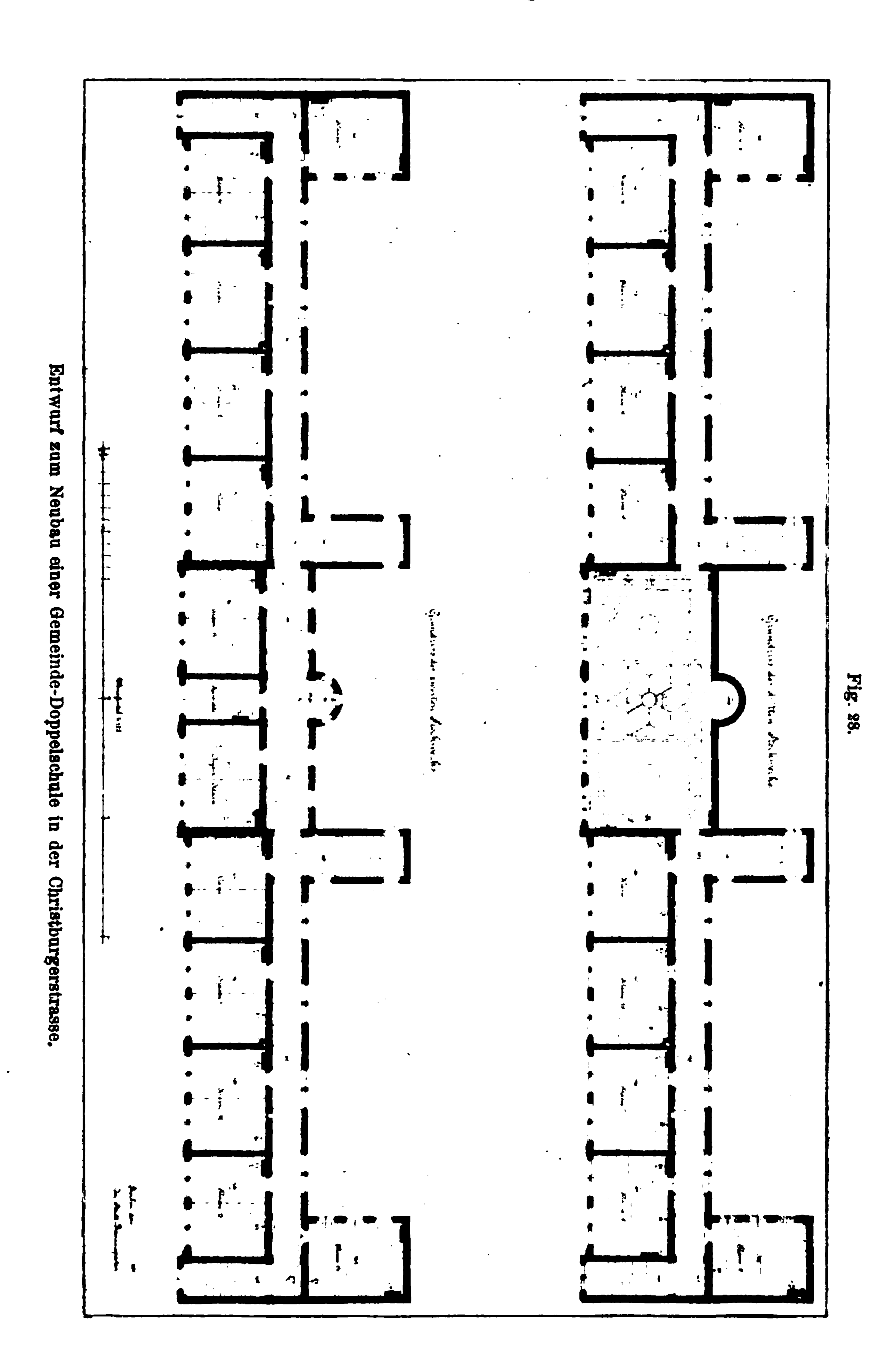
gelegenen Amts- und Lehrerzimmer befindet sich im ersten Stockwerke ein Klassenzimmer. Ueber den Räumen für die Kinderhorte liegen die Conferenzzimmer. Das zweite Stockwerk (Fig. 28 unten) zeigt dieselbe Vertheilung der Räume, nämlich zweimal 4 Klassen, ein Zimmer für den physikalischen Unterricht, ein Apparatenzimmer und ein Klassenzimmer; auch in den beiden Seitenflügeln befinden sich Klassenräume. Das dritte Stockwerk (Fig. 28 oben) hat gleichfalls zweimal 4 Klassen und je eine Klasse in den Seitenflügeln.

Fig. 27.



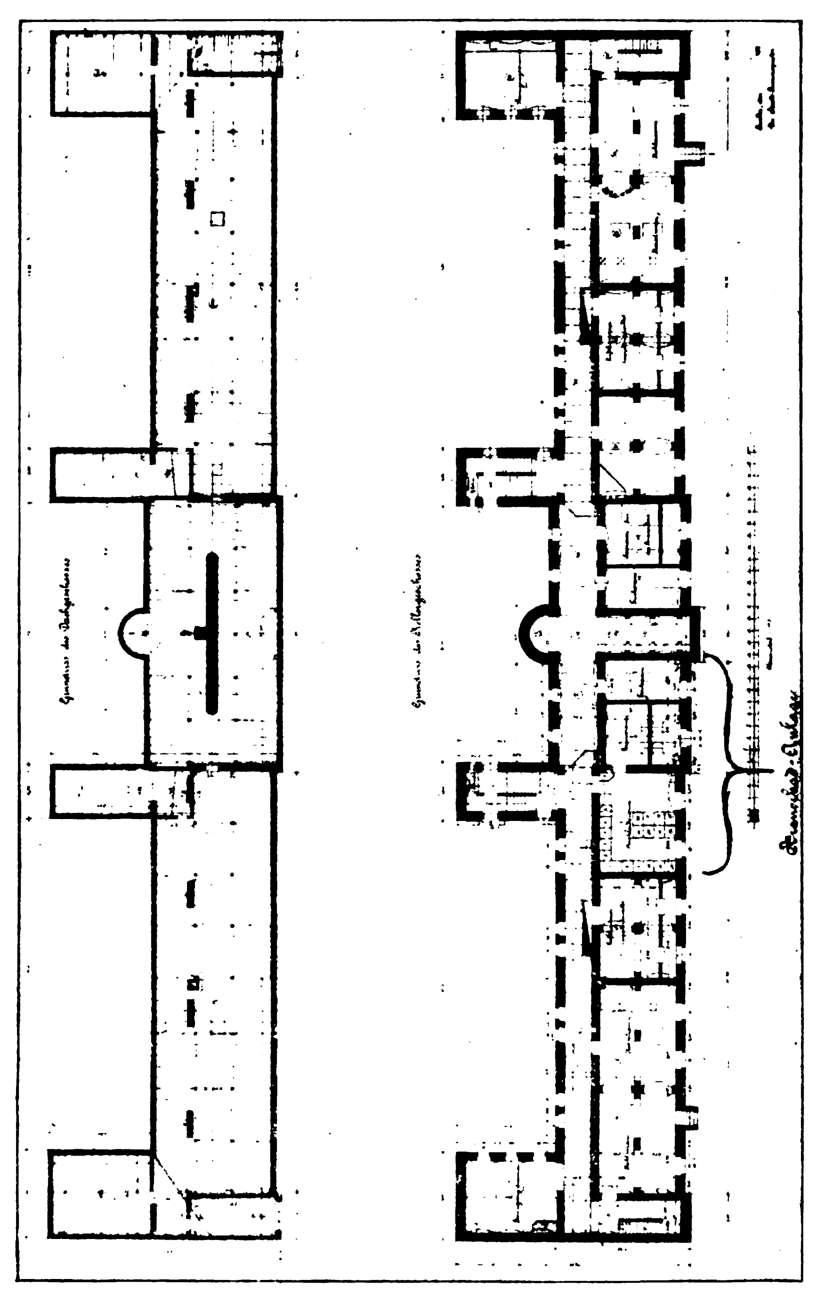
Entwurf zum Neubau einer Gemeinde-Doppelschule in der Christburgerstrasse.

Fig. 28.



Entwurf zum Neubau einer Gemeinde-Doppelschule in der Christburgerstrasse.

Fig. 29.



Entwurf zum Neubau einer Gemeinde-Doppelschule in der Christburgerstrasse.

Der Mittelbau wird von der Aula eingenommen. Das Dachgeschoss (Fig. 29 oben) zeigt uns die Querschnitte der verschiedenen Luftabführungskanäle und der Schornsteine. Im Kellergeschoss (Fig. 29 unten) befinden sich die Kesselanlage für die Centralheizung mit den erforderlichen Kohlenräumen, die Luftkammer und eine Brausebadanlage, bestehend aus 1 Brauseraum, 1 Ankleideraum mit 20 Zellen, 2 Trockenräumen und dem Heizraum für das Brausebad. In den beiden Seitenflügeln sind Reinigungszimmer und in den beiden anderen Flügeln in der Nähe der Treppen 2 Closets, je eins für Lehrer und für Lehrerinnen vorgesehen.

Auf dem Schulgrundstück in der Stephan- und Quitzowstrasse befindet sich ein Doppelschulhaus und ein einfaches Schulgebäude. Letzteres ist in seinen Grundrissen durch Fig. 30 u. 31 dargestellt. Im Erdgeschoss (Fig. 30 rechts) ist die 4,69 m breite Durchfahrt vorgesehen; rechts von derselben liegt die Wohnung des Schuldieners, die aber nicht von der Durchfahrt, sondern nur vom Hofe her durch einen besonderen Eingang erreichbar ist, welcher auch zu den 2 Räumen für den Kinderhort führt. Links von der Durchfahrt liegen ausser dem Amtszimmer 2 Klassenzimmer an einem Mittelcorridor, der sein Licht nur vom Eingange her und durch Glasscheiben in den anliegenden Zimmerthüren erhält, eine in dem vorliegenden Falle vielleicht nicht zu vermeidende, aber im Ganzen sicher nicht zu billigende Einrichtung. Im 1. und 2. Stockwerke befinden sich fast ausschliesslich Klassenräume. Das 3. Stockwerk (Fig. 31 links) hat ausser der Aula und 4 Klassenzimmern noch einen einfensterigen disponiblen Raum. Im Allgemeinen sind also die Corridore bei dieser ganzen Anlage nicht hell genug; so empfängt z. B. der Corridor im rechten Seitenflügel sein Licht nur vom Treppenhause her. — Im Dachgeschoss (Fig. 31 rechts) zeigen die dunkel gezeichneten Streifen von meist unregelmässiger Gestalt die Sammelcanäle, in welche die Abluftcanäle münden und welche die schlechte Luft durch gemeinschaftliche grosse Schlote über Dach führen. Im Kellergeschoss (Fig. 30 links) befindet sich im rechten Seitenflügel die grosse Luftkammer (dunkel gezeichnet), an welche sich der grosse, dem Lauf der Corridore folgende Vertheilungscanal (gleichfalls dunkel gezeichnet) für die frische Luft anschliesst. Im Vorderhause liegt der Heizraum mit dem Kohlenraum. — Das Doppelschulhaus (Fig. 32 u. 33) zeigt eine vollkommen symmetrische Durchbildung mit durchlaufendem, beiderseitig bebautem Corridor, der sein Licht nur von den Treppen und von je einem grossen, an den

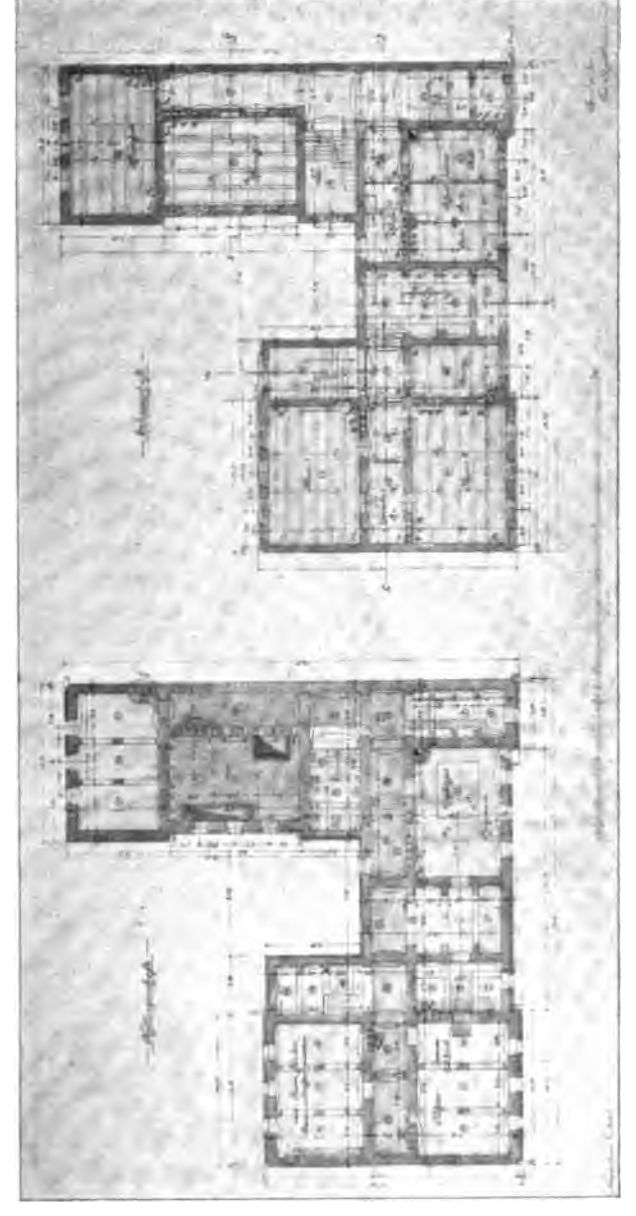


Fig. 30.

Entwurf zu einer dreifachen Schule in der Stephanstrasse. Einfaches Schulgebäude.

Giebelseiten liegenden Fenster erhält. Im Erdgeschoss (Fig. 32 oben) befinden sich an beiden Seiten des Mittelbaues die Eingänge, durch welche man über einige Stufen auf den Corridor und nach den Treppen gelangt. Zwischen den beiden Eingängen liegen 2 Amts-

zimmer und zwischen den Treppen nach der Hinterfront hinaus 1 Klassenzimmer. An den Mittelbau schliessen sich seitlich 2 × 4 Klassenräume an, je 2 nach der Vorderfront und je 2 nach der

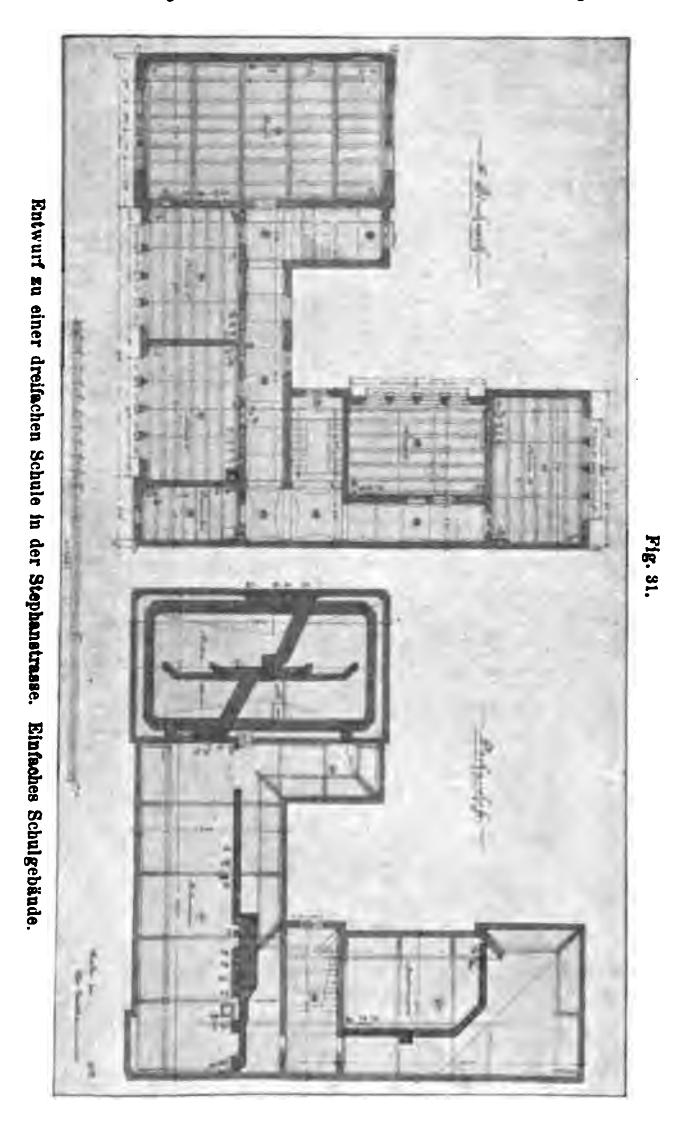


Fig. 31.

Entwurf zu einer dreifachen Schule in der Stephanstrasse. Einfaches Schulgebäude.

Hinterfront hinaus. Eine fast gleiche Anordnung zeigen die übrigen Stockwerke. Die im 3. Stock (Fig. 33 unten) gelegene Aula [zieht sich durch die ganze Tiefe des Gebäudes und empfängt ihr Licht von vorn und hinten. Im Dachgeschoss (Fig. 33 oben) bemerken

wir die dunkel gezeichneten, unregelmässig verlaufenden Sammelcanäle für die Abluft. Im Kellergeschoss (Fig. 32 unten) befinden sich die Luftkammer mit dem Frischluftvertheilungscanal, der in der Richtung des Corridors verläuft, ferner die Anlage für die

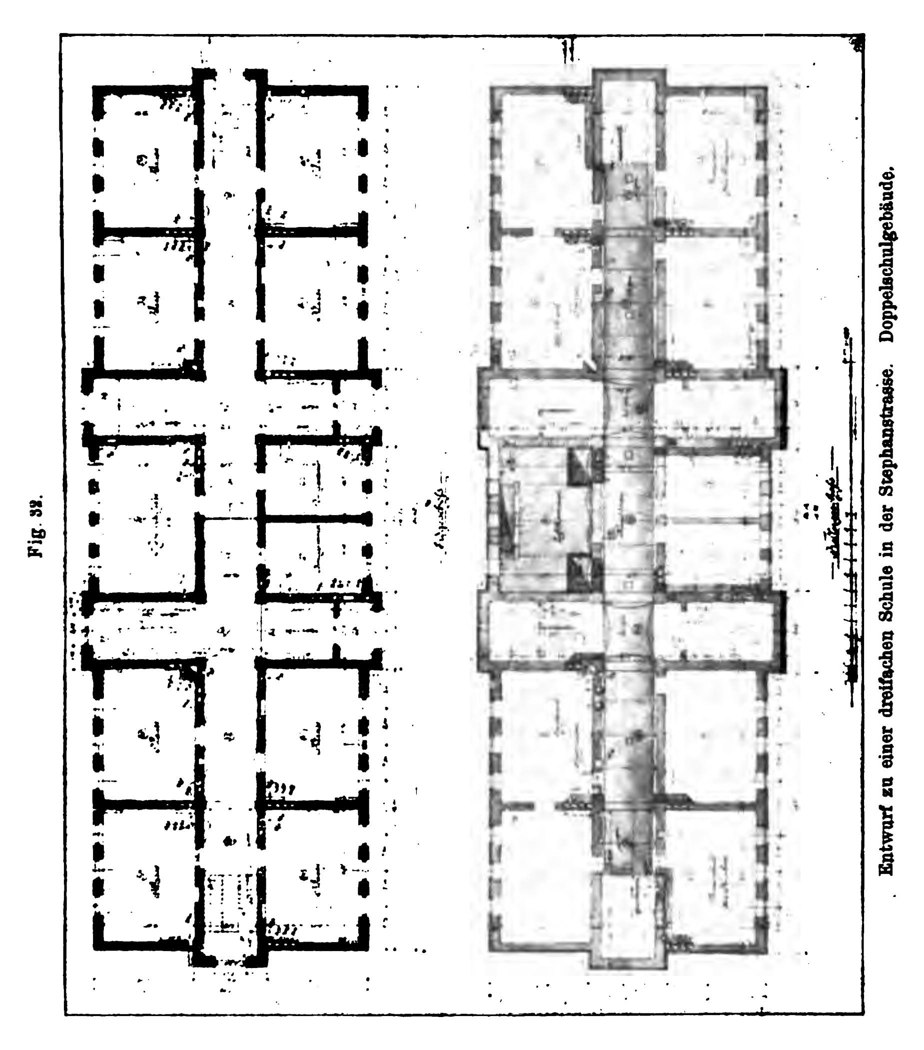


Fig. 32.

Entwurf zu einer dreifachen Schule in der Stephanstrasse. Doppelschulgebäude.

Centralheizung und ein Brausebad. Letzteres hat bei seiner Ausführung gegenüber diesem Plane einige Abänderungen erfahren; die genaue Beschreibung dieser Anlage befindet sich in dem Capitel „Badeanlagen“.

Von den Bauten für höhere Schulen seien hier als Beispiele die

Grundrisse von einer Realschule, einem Realgymnasium, zwei Gymnasien und einer höheren Töchterschule gegeben.

Die XII. Realschule (Höhere Bürgerschule) in Berlin, Rigaerstrasse (Fig. 34 u. 35), schliesst sich mit ihrem Grundstück unmittel-

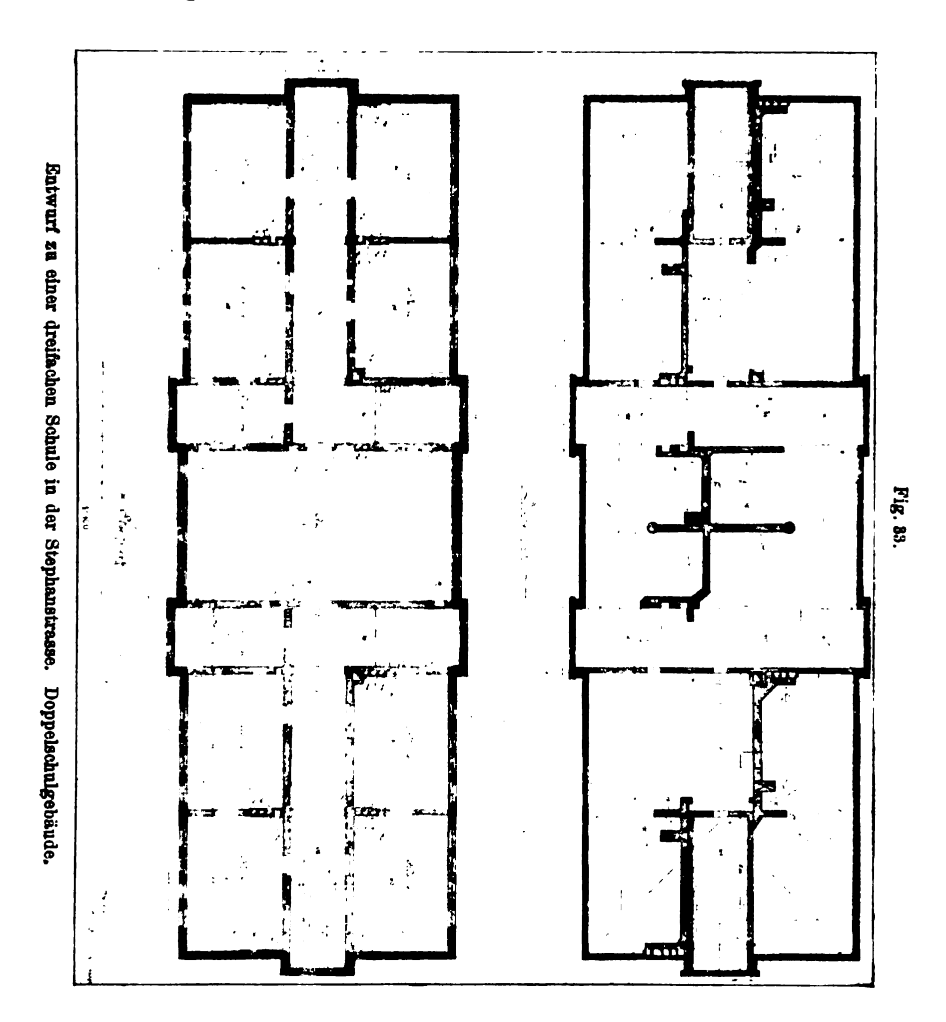


Fig. 33. Entwurf zu einer dreifachen Schule in der Stephanstrasse. Doppelschulgebäude.

bar an das der Gemeindeschule in der Petersburgerstrasse an. Die Zeichnungen zeigen zunächst die verschiedenen Schnitte durch das Gebäude. Die Grundrisse lassen die klare Gliederung des Baues mit seinem langgestreckten Hauptgebäude und seinen zwei kurzen, in jedem Stockwerke nur Raum für je eine Klasse bietenden Seitenflügeln erkennen. Der Corridor ist mit Ausnahme des Theiles, an

welchen die Seitenflügel stossen, nur einseitig bebaut, so dass er überaus gut beleuchtet ist und leicht gelüftet werden kann. Es liegen:

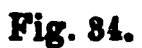


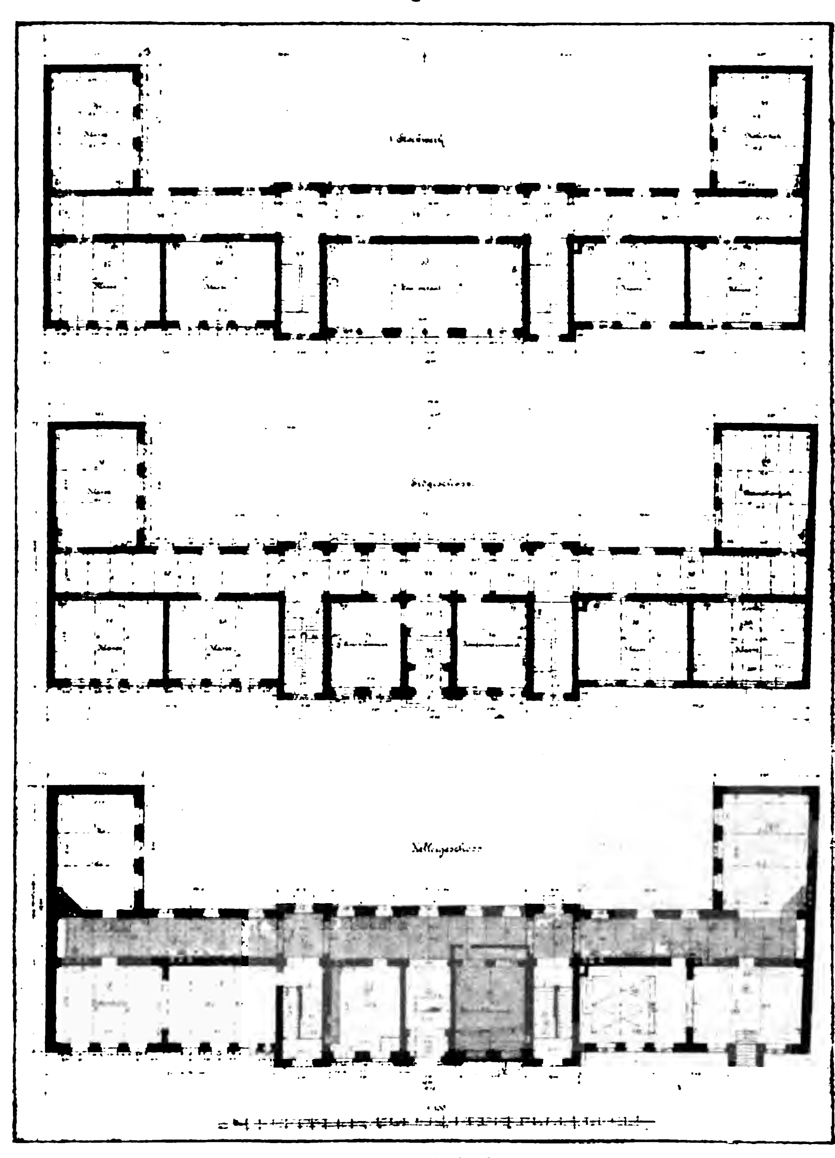
Fig. 34.

Neubau der XII. Realschule in der Rigaerstrasse.

im Erdgeschoss (Fig. 35 Mitte): 1 Amtszimmer, 1 Lehrerzimmer (beide im Mittelbau), 2 und 3 Klassenzimmer und das Naturaliencabinet (im rechten Seitenflügel);

im 1. Stockwerk (Fig. 35 oben): 2 und 3 Klassen, der Zeichensaal (im Mittelbau), das Bibliothekzimmer (im rechten Seitenflügel);

Fig. 35.



Neubau der XII. Realschule in der Rigaerstrasse.

im 2. Stockwerk (Fig. 34 unten): 3 und 1 Klassen, je ein Raum für chemische und physikalische Apparate, 1 Klasse für den physi-

kalischen Unterricht (im rechten Seitenflügel) und die Aula (im Mittelbau).

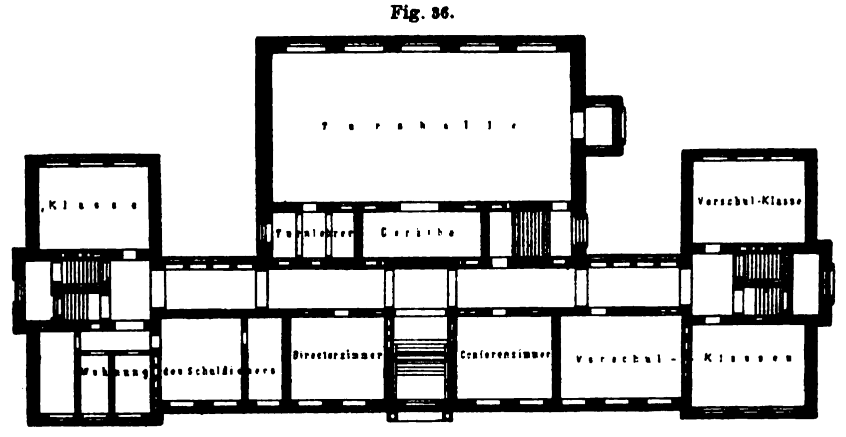
Das Dachgeschoss (Fig. 34 Mitte) zeigt die Ausmündungen der Abluftcanäle und der Schornsteine. Im Kellergeschoss (Fig. 35 unten) befinden sich die Frischluftkammer mit dem Frischluftvertheilungscanal (beides dunkel gezeichnet), die Heizanlage, die Kohlenräume u. s. w.

Das Gebäude des Realgymnasiums in Gera, das nach dem Bauplan von Wendorff 1893/94 erbaut ist, steht auf einer etwa 5 m hohen, durch Futtermauern begrenzten Terrasse, zu welcher von der Strasse eine geschwungene Doppelrampe hinaufführt. Da die Hauptseite des Gebäudes, an welcher auch der Haupteingang sich befindet, nach Westen gerichtet ist, so sind hierher die Corridore und das Haupttreppenhaus gelegt, während die Klassenzimmer hauptsächlich an der nach dem Spielplatz zu gelegenen Hinterfront ihren Platz gefunden haben, um für die Beleuchtung das günstige Ostlicht möglichst benutzen zu können. Das durchweg massiv eingewölbte Kellergeschoss enthält ausser der Schuldienerwohnung den Heizraum für die Central-Niederdruckdampfheizung und Räume für Kohlen u. s. w. Von den vorhandenen 18 Klassenzimmern liegen 10, darunter 3 Vorschulklassen, im Erdgeschoss und 8 im 1. Obergeschoss. Im Erdgeschoss führt in der Mittelaxe ein Ausgang nach dem Spielplatz. Das 1. Obergeschoss enthält ausser den Klassenzimmern im Mittelbau der Hinterfront das Conferenz- und Directorzimmer, beide mit Aussicht auf den Spielplatz, ausserdem ein Bibliothekzimmer und einen kleinen Actenraum. Im 2. Obergeschoss befinden sich die Aula, eine Combinationsklasse in der Grösse von 2 Klassen, der nach Norden gelegene Zeichensaal für 50 Schüler mit Modellraum, eine Naturaliensammlung und schliesslich ein Auditorium, welches sowohl mit dem chemischen Laboratorium als auch mit dem physikalischen Cabinet in Verbindung steht. Die Grössen der Klassenzimmer bewegen sich zwischen 42 und 51 qm. Die 3,50 m breiten Corridore gewähren den Schülern bei schlechtem Wetter genügenden Platz zum Aufenthalt während der Pausen.

Bei dem Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Aachen (Fig. 36) setzen sich an die Rückseite des Hauptgebäudes zwei kleine, Klassenzimmer enthaltende Seitenflügel und ein grösserer Mittelflügel an, welch letzterer im Erdgeschoss die Turnhalle und darüber die durch das 1. und 2. Obergeschoss gehende Aula enthält. Das Erdgeschoss umfasst 4 Klassenräume, das Conferenzzimmer, das Directorzimmer,

die Wohnung des Schuldieners, die Turnhalle mit einem Zimmer für den Turnlehrer und einem Gerätheraum; im 1. Obergeschoss sind ausser der Aula 8 Klassenzimmer, im 2. Obergeschoss der Zeichensaal, 1 Klasse für den physikalischen Unterricht mit anstossendem Cabinet, Reserveklassen und Bibliothekzimmer. Das Schulgebäude hat ausser dem Haupteingange in der Mitte der Vorderfront noch 2 Eingänge von den Giebelfronten her. Während die nach Norden gelegene Hauptseite des Gebäudes von der Strasse durch einen Vorgarten getrennt ist, führen an beiden Giebelseiten Wege nach dem hinter dem Hauptgebäude liegenden Schulhofe, auf dem auch die Aborte in einem besonderen Gebäude untergebracht sind. Die Turnhalle hat

Fig. 36.



Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Aachen (Aus: Handbuch der Architektur, IV. Theil, 6. Halbband, Heft 1).

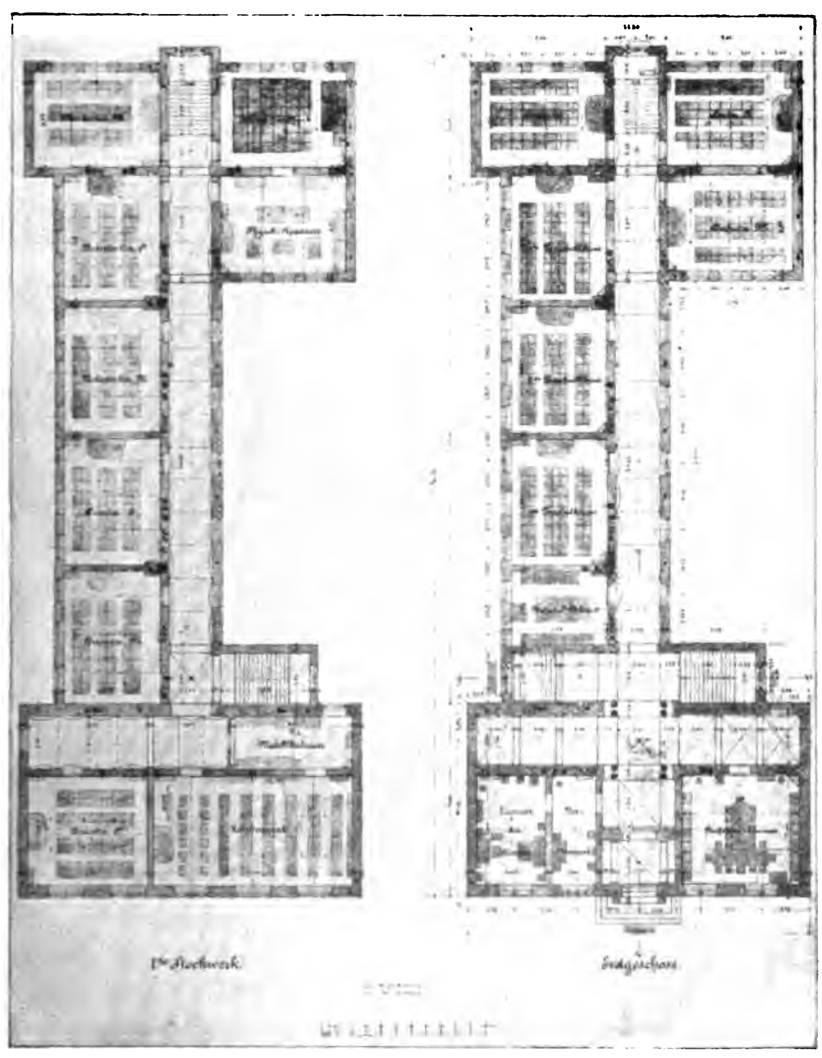
ausser dem Zugange vom Schulhofe her noch einen zweiten Zugang, nämlich vom Corridor des Schulhauses aus durch den rechts neben der Geräthekammer liegenden Raum, so dass die Schüler aus ihren Klassenzimmern in die Turnhalle gelangen können, ohne ins Freie zu müssen.

Ein neueres Berliner Gymnasium ist das Lessing-Gymnasium in der Pankstrasse, von welchem Fig. 37, 38 u. 39 die verschiedenen Grundrisse darstellen. Es besteht aus dem Mittelbau und zwei ungleich grossen Seitenflügeln und zeigt den durchgehenden Corridor, der an den beiden Flügeln beiderseitig bebaut ist. In den einzelnen Stockwerken befinden sich folgende Räume:

Erdgeschoss (Fig. 37 rechts): Zimmer des Directors mit Vorzimmer, Conferenzzimmer, Naturaliencabinet, 3 Vorschulklassen und 3 Klassenzimmer (2 Sexta und 1 Quinta).

1. Stockwerk (Fig. 37 links): Zeichensaal mit Modellkammer, 6 Klassenzimmer (1 Quinta, 2 Quarta, 2 Untertertia, 1 Obertertia), 1 Klasse für physikalischen Unterricht und 1 Zimmer für physikalische Apparate.

Fig. 37.



Revisionszeichnung vom Neubau des Lessing-Gymnasiums in der Pankstrasse.

2. Stockwerk (Fig. 38 rechts): Aula, die auch durch das 3. Stockwerk geht, 5 Klassenzimmer (1 Obertertia, 2 Untersecunda, 1 Obersecunda, 1 Unterprima und der Gesangssaal.

3. Stockwerk (Fig. 38 links): Aula, 5 Klassenzimmer (1 Oberprima und 4 Reserveklassen) und Bibliothekzimmer.

Neben dem Grundriss des Kellergeschosses (Fig. 39 links), das

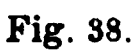


Fig. 38.

Revisionszeichnung vom Neubau des Lessing-Gymnasiums in der Pankstrasse.

die Räume für die centralen Heizungs- und Lüftungsanlagen enthält, ist der Grundriss für das Fundament dargestellt (Fig. 39 rechts).

Das Gebäude der Höheren Töchterschule in der Wilhelmshavenerstrasse in Berlin (Fig. 40, 41 u. 42) besteht aus dem Hauptgebäude

und zwei kleinen Seitenflügeln. Der das ganze Gebäude durchziehende Corridor ist zum grössten Theile einseitig bebaut. Im Erdgeschoss (Fig. 40) wird ein an dem rechten Ende desselben abgetrennter

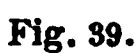


Fig. 39.

Revisionszeichnung vom Neubau des Lessing-Gymnasiums in der Pankstrasse.

Raum als Garderobe benutzt. Der rechte Seitenflügel enthält ausser dem Conferenzzimmer ein Treppenhaus, der linke ausser einem Klassenzimmer eine Closetanlage von 5 Zellen mit einem Vorraum. Das

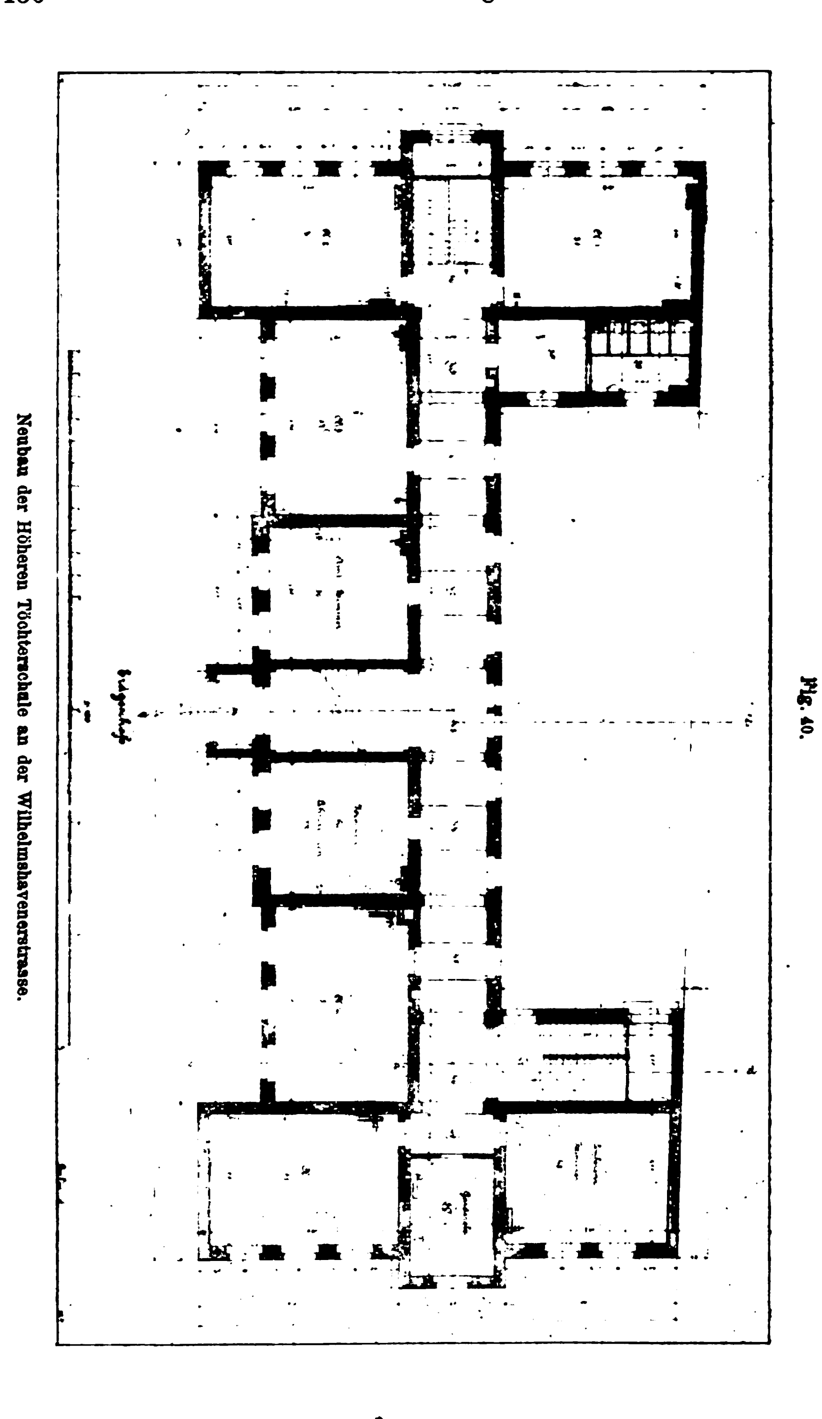
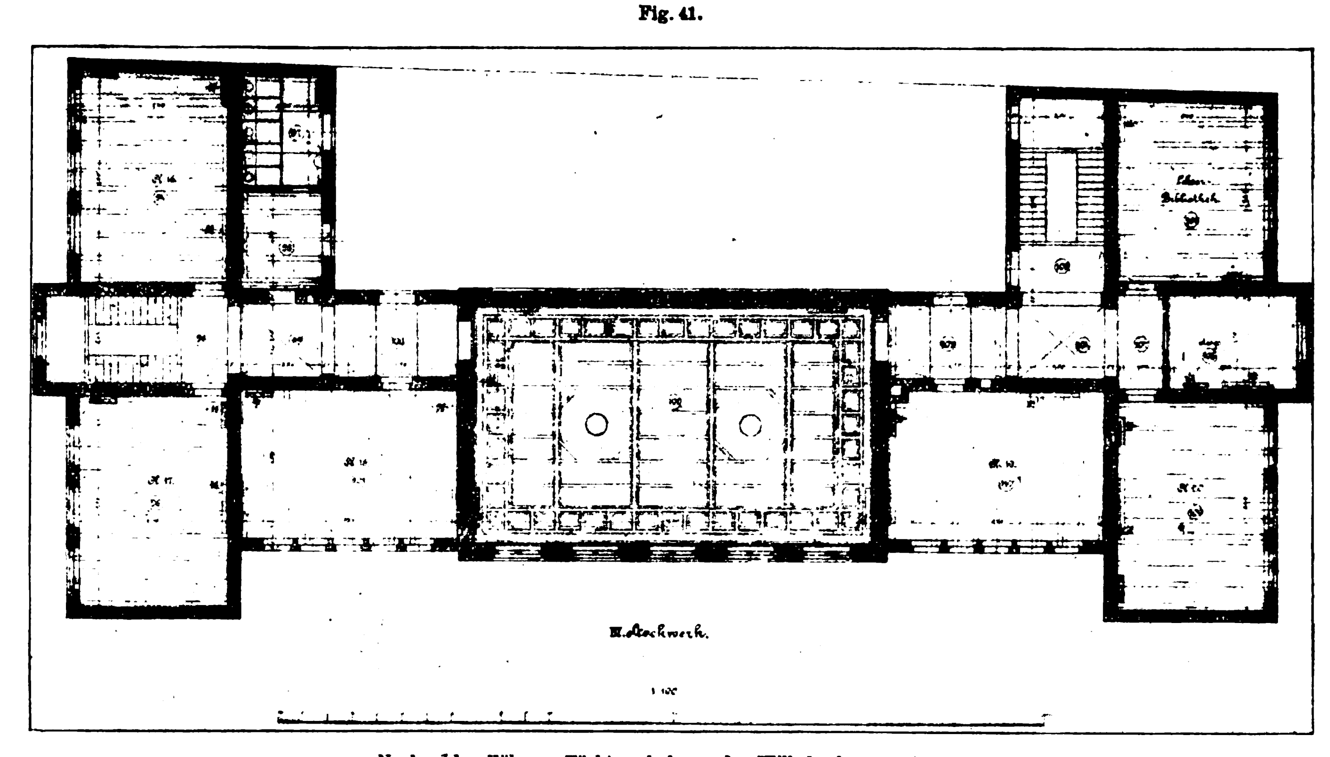


Fig. 40.

Neubau der Höheren Töchterschule an der Wilhelmshavenerstrasse.

Fig. 41.



Neubau der Höheren Töchterschule an der Wilhelmshavenerstrasse.

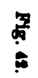


Fig. 42.

Neubau der Höheren Töchterschule an der Wilhelmshavenerstrasse.

Erdgeschoss umfasst ausserdem 4 Klassenzimmer, das Amtszimmer und ein Zimmer für Lehrerinnen. Aehnliche Anordnung zeigen auch die übrigen Stockwerke. Die Räume des Kellergeschosses (Fig. 42) sind für Zwecke der centralen Heizung und Lüftung benutzt.

B. Aeussere Architektur des Schulgebäudes.

Hat auch die Frage der Architektur nicht eigentlich mit der Hygiene zu thun, so soll gerade um deswillen, weil in früherer Zeit unter Rücksichtnahme auf die Architektur die hygienische Gestaltung der Schulbauten zu leiden hatte und wesentlich mangelhaft ausgeführt wurde, auf dieselbe mit einigen Worten eingegangen werden. Es wird daraus hervorgehen, dass sich die architektonische Gestaltung und die hygienischen Bedingungen nicht allein nicht ausschliessen, sondern sehr wohl gegenseitig adaptiren.

Die älteren Schulgebäude unterscheiden sich namentlich in der Grösse und Anordnung der Fenster wenig von den Wohnhäusern und lassen die Bestimmung des Bauwerkes im Aeusseren meist nicht erkennen. Häufig wurden auch zu Gunsten einer schönen Façade wichtige hygienische Interessen geopfert. Erst nachdem die hygienischen Forderungen in Bezug auf Gestalt, Grösse und Beleuchtung der Klassenzimmer erkannt, nachdem die zweckmässigste Anordnung der Räume des Schulhauses, also die Gesammtdisposition des Grundrisses, festgestellt war, konnte man daran denken, auch den Aufbau charakteristisch auszubilden. Wie man bei jeder architektonischen Aufgabe nicht von aussen nach innen, sondern von innen nach aussen bauen soll, so ist auch bei Schulbauten der Grundriss zum Ausgangspunkt für die Gestaltung des Aeusseren zu machen, indem die Bestimmung der einzelnen Räume durch entsprechende architektonische Formen zum Ausdruck gebracht wird.

Das charakteristische Element für die äussere Erscheinung eines Schulgebäudes sind die Fenster, deren Ausbildung sich in mannigfachster Weise variiren lässt, obgleich ihre Lage und Grösse abhängig sind von dem Raum, den zweckmässig und nach hygienischen Grundsätzen zu erleuchten sie bestimmt sind. Mögen die Fenster nun wenige grössere, durch breitere Pfeiler getrennte Durchbrechungen der Wand bilden, mögen sie zu mehreren verbunden als sog. Gruppenfenster mit schmalen Zwischenpfosten auftreten, oder mag schliesslich fast die ganze Wand der Klassenzimmer in Oeffnungen auf-

gelöst sein mit möglichst dünnen Stützen, stets wird die Wirkung einer Schulhausfaçade durch das Verhältniss der Oeffnungen zu den Wandflächen bedingt sein. Schon in der Wiederholung der gleichen Fenstergruppen in allen Geschossen liegt ein Moment der Würde und Ruhe, welches noch dadurch sich rhythmisch steigern lässt, dass die bedeutsameren Räume des Gebäudes, die Aula, der Gesangssaal, die Treppenhäuser, im Aeusseren besonders hervorgehoben werden und eine entsprechende, ihre Bestimmung charakterisirende Ausbildung erhalten.

Nicht nur im Interesse der Dauerhaftigkeit, sondern auch um den Eindruck der Monumentalität zu erhöhen, ist die Verwendung echter Baustoffe durchaus wünschenswerth. Die Wahl derselben wird abhängen von den zur Verfügung stehenden Mitteln und dem ortsüblichen bezw. leicht zu beschaffenden Material. Die Ausführung der Façaden kann völlig in Haustein oder völlig in Ziegeln erfolgen oder auch so, dass nur die Gesimse, Fensterumrahmungen, Sohlbänke u. s. w. aus Haustein hergestellt, die Wandflächen dagegen mit Ziegeln verblendet werden.

Während Putz für gezogene architektonische Glieder unbedingt zu vermeiden ist, kann seine Verwendung für glatte Flächen nicht beanstandet werden; denn wie alte Gebäude beweisen, ist ein sachgemäss ausgeführter Putz von grosser Haltbarkeit. Da die ästhetische Wirkung hauptsächlich auf den künstlerisch abgewogenen Verhältnissen beruht, so wird die architektonische Durchbildung des Einzelnen in einfachster und sparsamster Weise erfolgen können und werden decorative Zuthaten entweder ganz zu vermeiden oder nur auf wenige Stellen, z. B. auf Portale, zu beschränken sein. Die zierlichen Terracotten, welche die Façade oft bedecken, haben für die Gesammterscheinung keinen Werth und vermögen trotz ihres Reichthums nicht über den Mangel an guten Verhältnissen hinwegzutäuschen.

Wie die Architekten der Gothik und der deutschen Renaissance ihren Gebäuden durch hohe Dächer stets eine bedeutende Wirkung gesichert haben, so könnte man auch dem freistehenden Schulgebäude, wenn es auch in erster Linie ein Nützlichkeitsbau ist, bei dem einfachsten, ganz schmucklosen Aeusseren doch durch das einfache Motiv eines hohen Daches den Ausdruck von Würde und Monumentalität verleihen, welcher geeignet ist, dasselbe als ein öffentliches und einem idealen Zwecke dienendes Bauwerk zu kennzeichnen.

Als Beispiele einfacher charakteristischer Façaden nennen wir die oben erwähnte Volksschule in Langensalza und das Real-

gymnasium in Gera, von denen die erstere nur in Verblendziegeln mit einfachen Formsteinen, die letztere aus Ziegeln in Verbindung mit Sandstein für Gesimse, Fensterstürze, Sohlbänke u. s. w. ausgeführt ist.

C. Bauart und Construction.

a) Fachwerkbau.

Die Ausführung von Schulgebäuden in Holzbau oder Holzfachwerk ist nur in Ausnahmefällen zulässig, z. B. in Gebirgsgegenden, in denen Holz das einzig vorhandene Baumaterial bildet, auf dem Lande und in den Vorstädten der Festungen.

Die preussischen Ministerialerlasse vom 1. Februar 1879 und 21. August 1884 verlangen ebenso wie die neuesten Bestimmungen vom 1. November 1892 in der Regel eine massive Ausführung derjenigen Schulbauten, deren Kosten aus unter Staatsverwaltung stehenden Staats- oder Stiftungsfonds gedeckt werden. Die letztgenannten Bestimmungen und die vom preuss. Cultusministerium herausgegebenen Vorschriften über Bau und Einrichtung ländlicher Volksschulhäuser gestatten jedoch für Schulbauten auf dem Lande und in kleinen Städten die Herstellung sämmtlicher Wände in ausgemauertem Fachwerk, erforderlichen Falls im Aeusseren mit Dachziegel- oder Schieferbekleidung, namentlich da, wo diese Bauart ortsüblich ist und sich bewährt hat. Dem Nachtheil einer geringeren Dauerhaftigkeit und Feuersicherheit stehen als Vorzüge gegenüber der niedrigere Preis und die Möglichkeit, den Fachwerkbau auch auf weniger tragfähigem Baugrund ohne kostspielige Fundirungen aufstellen zu können; ausserdem dürfte er bei ansprechender Durchbildung oft besser in die landschaftliche Umgebung hineinpassen als ein Massivbau.

Die äusseren Fachwerkwände müssen stets auf einem massiven Sockel von mindestens 60—70 cm Höhe ruhen, damit das Holzwerk vor dem Spritzwasser geschützt bleibt. Eine die Oberseite des Sockels überdeckende Asphaltisolirschicht verhindert das Eindringen der Bodenfeuchtigkeit.

Die Ausmauerung der Fache geschieht gewöhnlich mit Ziegeln ½ Stein stark, die aussen gefugt als Rohbau sichtbar bleiben oder verputzt werden. Die Innenseite wird mit Brettern verschalt, berohrt und geputzt. Da die Holzstiele etwas stärker als die Ausmauerung sind, so entsteht ein Hohlraum von ca. 2 cm zwischen dieser und

der inneren Verkleidung, welcher Schutz gegen äussere Witterungseinflüsse gewährt (Fig. 43).

Denselben Zweck erreicht man durch eine innere Verblendung der Fachwerkwand mit Hohlsteinen oder durch Ausmauerung in Hohlmauerwerk mit hochkantig gestellten Ziegeln. Auch Schwemmsteine und in neuerer Zeit namentlich Gypsdielen oder Spreutafeln werden zur Ausmauerung der Fachwerkwände benutzt, wobei aber ein besonderer Schutz gegen Feuchtigkeit (durch Bekleidung mit Schindeln u. s. w. oder durch wetterfesten Putz) erforderlich ist. Ebenso können an Stelle der inneren Bretterverkleidung schwache Gypsdielen

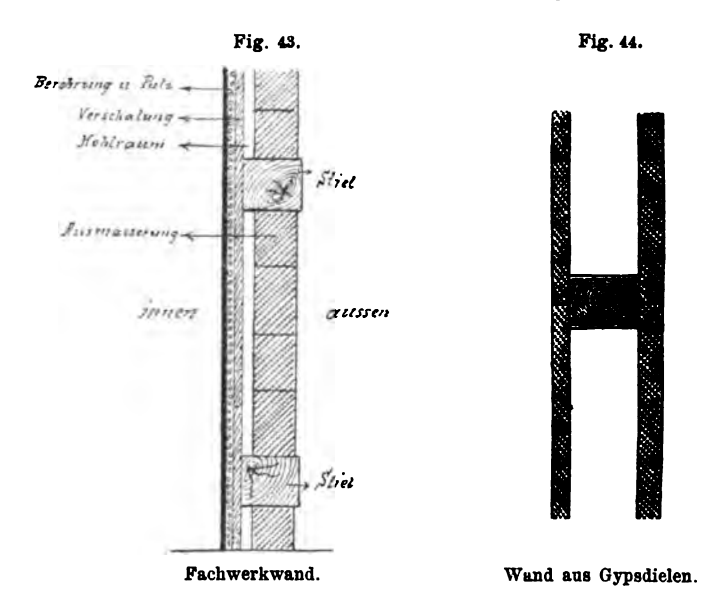


Fig. 43. Fachwerkwand.

Fig. 44. Wand aus Gypsdielen.

treten. Schliesslich ist noch eine Construction zu erwähnen, die neuerdings bei Krankenbaracken ausgeführt wird und die darin besteht, dass sämmtliche Fachwerkwände ohne Ausmauerung bleiben und nur aussen und innen mit Gypsdielen oder Korkplatten verkleidet werden (Fig. 44). Die innere Gypsdielenschicht oder Korkplatte kann geringere Stärke erhalten als die äussere. Letztere ist mit einem Putz aus hydraulischem Mörtel oder mit einem Anstrich von heissem Leinölfirnis oder von Oelfarbe zu versehen. Zu nennen wären hier, wenngleich es sich nicht um Fachwerkbau handelt, im Gegensatz zu dem Material des Massivbaues, noch Korksteine, die combinirt mit Mauersteinen Verwendung finden, dann Magnesitplatten. Während die ersteren nach Erfahrungen, die gelegentlich der Ausführung einer

Baracke im Kaiser- und Kaiserin-Friedrich-Kinderkrankenhause gemacht sind, sich recht wohl zu bewähren scheinen, haben ebendaselbst gelegentlich eines Versuchsbaues zweier Baracken gemachte Erfahrungen gelehrt, dass Magnesitplatten ein durchaus wenig zweckmässiges Material abgeben, weil dieselben den Temperatureinflüssen allzusehr unterworfen sind, sich bei höheren Temperaturen biegen, an den Ecken um die Befestigungsschrauben ausspringen und geschädigt, wie sie dann sind, in ihrer Lage locker werden. Völlig unzweckmässig sind Wände aus Drahtgeflecht mit Verputz (Rabitzwände) schon um deswillen, weil es nahezu unmöglich ist, Gegenstände an den Wänden zu befestigen, und überdies, weil die Wände wegen ihrer geringen Stärke die Schallübertragung von einem Zimmer zum andern gestatten.

Obgleich vom hygienischen Standpunkte aus keine Bedenken gegen den Fachwerkbau erhoben werden können, weil bei sachgemässer Ausführung sich trockene, im Winter warme, im Sommer kühle und gut ventilirbare Räume herstellen lassen, so wird man denselben wegen der Feuersgefahr und Reparaturbedürftigkeit bei Schulgebäuden in grossen Städten nur für vorübergehende Zwecke verwenden.

Um dem in grossen Städten oft plötzlich eintretenden Raummangel in Volksschulen abzuhelfen und um das Unterbringen der Schüler in häufig ungeeigneten, namentlich in gesundheitlicher Beziehung nicht genügenden Miethsräumen zu vermeiden, werden von den städtischen Verwaltungen bisweilen provisorische Bauten, sog. „Schulbaracken“, errichtet, welche dem vorliegenden Bedürfniss so lange genügen müssen, bis ein definitiver Neubau ausgeführt ist.

Ein Beispiel einer älteren Anlage bildet die von der Stadt Berlin für eine Gemeindeschule in der Grenzstrasse errichtete Schulbaracke, ein ausgemauerter Fachwerkbau mit innerer Bretterverkleidung, deren Fugenverschluss durch aufgenagelte Deckleisten hergestellt ist. Der Bau enthält 10 Schulzimmer (für je 60 Schüler), die zu beiden Seiten eines breiten, durchgehenden, von den Enden durch grosse Fenster beleuchteten Mittelcorridors angeordnet sind. Die Thür des Gebäudes befindet sich an der Längsseite und führt auf einen Gang, welcher senkrecht in den Mittelcorridor einmündet.

Unter dem über Terrain erhabenen Fussboden befindet sich ein Hohlraum, der, wie wir später bei Behandlung der Ventilationsanlagen sehen werden, der Lüftung in ausgiebigem Masse dient.

Da das Licht sehr reichlich und die Beschaffenheit der Luft

eine gute ist und da während des Winters, selbst bei strenger Kälte, alle Räume des Gebäudes eine durchaus genügende und angenehme Temperatur zeigen, so sind die Lehrer mit dem Aufenthalt in denselben zufrieden.

Von neueren Anlagen erwähnen wir eine in München an der Pilgersheimerstrasse [1]) und eine in Königsberg i. Pr. ausgeführte Schulbaracke [2]) mit 8 bezw. 4 Klassen. Bei beiden Gebäuden ist das Holzfachwerk innen und aussen mit Brettern verschalt und in den Zwischenräumen mit Kohlenasche ausgefüllt.

Nach den bisher gemachten günstigen Erfahrungen ist der Fachwerkbau für die Schulen namentlich kleinerer Städte oder Dörfer durchaus nicht abzuweisen; wenigstens kann die Hygiene sich mit demselben wohl befreunden. Dahingestellt bleibt, ob einfache Baracken sich nicht als zu kalt für unsere klimatischen Verhältnisse erweisen; die Erfahrungen des Berliner Fachwerkbaues haben diese Furcht wenigstens bei den dort vorhandenen Heizvorrichtungen als unbegründet erscheinen lassen. — Allerdings kommt Alles auf die Ausführung der Baracken an, da anscheinend geringfügige Fehler die Benutzung nahezu illusorisch machen können. Die Baracke muss nach völliger Isolirung gegen den Boden ohne irgend welche Luftschicht auf den gewachsenen Boden gestellt werden. Die Wandflächen sind mit besonderer Sorgfalt zu behandeln, welches Material man auch wähle, weil Fugen, kleine Einrisse u. s. w. immer zur Einnistung von Ungeziefer Anlass geben, welches, einmal eingebracht, nicht wieder vernichtet werden kann und auf die Dauer das Verweilen in den Baracken unerträglich gestaltet. Es bedarf hier also ganz besonderer Aufmerksamkeit.

b) Massivbau.

Im Allgemeinen ist eine massive Ausführung der Schulgebäude dem Fachwerkbau unbedingt vorzuziehen (Preuss. Min.-Erl. vom 30. Nov. 1868), weil sie eine grössere Dauerhaftigkeit und Feuersicherheit, sowie ein geringeres Reparaturbedürfniss gewährleistet und deshalb im Laufe der Zeit sich nicht theurer stellt als Fachwerkbau (Preuss. Min.-Erl. vom 1. Febr. 1879), und weil die grössere Dichtigkeit der Aussenmauern nicht nur einen besseren Schutz gegen

[1]) Handbuch der Architektur: Behnke, Schulen. p. 115.
[2]) Deutsche Bauzeitung. 1883. p. 495.

Nässe und gegen Ungeziefer bietet, sondern auch die Schwankungen der Aussentemperatur im Innern des Gebäudes weniger fühlbar macht. Der preussische Ministerial-Erlass vom 21. August 1884 fordert, selbst Landschulgebäude für eine und zwei Klassen mit massiven Mauern herzustellen.

Fundirung. Da bei der Wahl des Bauplatzes auch die Rücksicht auf genügende Tragfähigkeit und Trockenheit des Baugrundes mit entscheidend ist, weil ein künstlicher Unterbau die Gesammtkosten unverhältnissmässig vergrössert, so wird man in der Regel von schwierigen Fundirungen absehen und unter Entfernung der Humusschicht die Fundamente bis auf den guten, gewachsenen Baugrund herabführen können. Lässt sich ein schlechter Baugrund aber nicht vermeiden, sei es, dass er erst in grosser oder in überhaupt unerreichbarer Tiefe liegt, sei es, dass er beweglich oder sehr wasserhaltig und sumpfig ist, so wird man künstliche Fundirungen, wie Senkkästen, Brunnen, Pfahlroste, Schwellroste, Sand- oder Betonschüttungen, zu Hilfe nehmen müssen. Nothwendig und in hygienischer Beziehung geboten ist die Anwendung einer starken, unter dem ganzen Gebäude durchgehenden Betonplatte, weil durch dieselbe das Eindringen von Grundwasser durch die Kellersohlen, wie auch der Zutritt der Grundluft verhindert wird [1]).

Auch bei gutem Baugrund muss die Fundamentsohle so tief gelegt werden, dass die Erdschicht, auf welcher die Grundmauern ruhen, der Einwirkung des Frostes entzogen bleibt; das ist bei unseren klimatischen Verhältnissen ca. 1 m. Durch Gefrieren des im Boden befindlichen Wassers und in Folge der hierdurch bewirkten starken Ausdehnung desselben würde das Gebäude gehoben werden, beim Aufthauen dagegen würde es wieder sich senken und dabei Beschädigungen erleiden, die besonders bedenklich sind, wenn eine ungleichmässige Senkung der verschiedenen Gebäudetheile eintritt. Die im Innern der Gebäude befindlichen Fundamente können, weil Frostzutritt nicht zu befürchten ist, weniger tief liegen als die Aussenmauern.

Je grösser die aufzunehmende Last des Gebäudes ist, desto mehr müssen die Fundamente absatzweise verbreitert werden, um den Druck auf eine möglichst grosse Fläche zu vertheilen und dadurch die Belastung des Baugrundes für die Flächeneinheit zu verringern.

---

[1]) Pettenkofer und Ziemssen, Handbuch der Hygiene und Gewerbekrankheiten. I. Thl., 2. Abthlg., 4. Heft, p. 48.

Zur Herstellung der Grundmauern, d. h. der auf beiden Seiten vom Erdreich umgebenen Mauern, ist ein hartes, undurchlässiges Material am geeignetsten, welches der durch klimatische Einflüsse bedingten Bodenfeuchtigkeit zu widerstehen vermag. Wenn auch den Anforderungen der Härte und Undurchlässigkeit vorzugsweise die krystallinischen Felsarten entsprechen, wie Granit, Quarz, Porphyr, so werden doch der Billigkeit halber auch die weniger geeigneten sedimentären Gesteine ebenso häufig verwandt, namentlich die härteren, weniger durchlässigen Sandsteine und Kalksteine. Gegen die Herstellung des untersten Theils der Fundamente, des sog. Banketts, aus Beton oder hartgebrannten Mauersteinen („Klinkern") ist ebenfalls nichts einzuwenden. Frisch gebrochene Steine dürfen nicht in die Erde vermauert werden, weil die Bruchfeuchtigkeit die Verwitterung der Steine begünstigt.

Im Gegensatz zu den in harten, undurchlässigen Steinen auszuführenden Fundamentmauern kann für die Kellermauern, die nur an der Aussenseite mit dem Erdreich in Berührung kommen, ein zwar festes, aber poröses Material verwendet werden, welches in Folge einer gewissen Durchlässigkeit für Feuchtigkeit — falls es gegen das anliegende Erdreich isolirt ist — für die Trockenhaltung der Mauern von Wichtigkeit ist. Die Eigenschaft der Porosität und Permeabilität besitzen in hervorragendem Maasse gut gebrannte Ziegel, die für die Kellermauern wie für das aufgehende Mauerwerk das hauptsächlichste Baumaterial bilden.

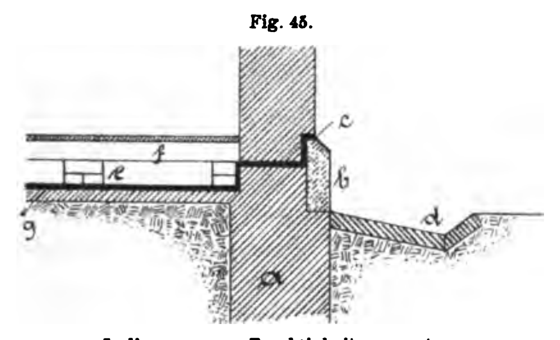
Schutz gegen Feuchtigkeit. Besitzt der Platz, auf dem das Schulhaus erbaut werden muss, grosse Bodenfeuchtigkeit oder einen hohen Grundwasserstand, so wird durch entsprechende Drainage oder Canalisirung ein Trockenlegen des Bodens bezw. ein Senken des Grundwasserstandes nothwendig, oder man erhöht durch Aufschüttung den Boden so weit, dass der höchste Grundwasserstand mindestens 30 cm unter der Kellersohle bleibt. Um zu verhindern, dass die in den meisten Fällen vorhandene, mehr oder minder stark auftretende, zum Theil von dem Grundwasser herrührende Feuchtigkeit in den mit dem Erdreich in unmittelbare Berührung kommenden Fundament- bezw. Kellermauern in Folge der Capillarität aufsteigt und sich den oberen Abschlusswänden mittheilt, sind gewisse Schutzvorkehrungen nothwendig.

Auch wenn das Schulgebäude nicht unterkellert ist, müssen sämmtliche Mauern gegen das Aufsteigen der Grundfeuchtigkeit

durch horizontale Isolirschichten geschützt werden[1]). Die preussischen Bestimmungen schreiben sie überall vor; in Sachsen werden sie nur bei Fehlen der Unterkellerung, in Baden bei feuchtem Untergrunde für nothwendig erachtet. Thatsächlich sind sie immer nothwendig. Sie werden am häufigsten durch eine mindestens 1 cm starke Lage von Gussasphalt hergestellt; es kommen jedoch auch Isolirplatten, dicker, mit Theerpräparaten getränkter Filz, Glasplatten und Walzblei zur Anwendung. — In jedem Falle ist, welches Material auch gewählt wird, grosse Sorgfalt bei der Ausführung geboten.

Unter Voraussetzung eines Holzfussbodens ist die Isolirschicht (Fig. 45) in Höhe der Mauerkante der Lagerhölzer, also etwa 4 Schichten über Terrain, anzuordnen. Gegen das Eindringen des

Fig. 45.



Isolirung gegen Feuchtigkeit von unten.
a Fundament, b Granitsockel, c Isolirschicht, d Traufpflaster, e Pfeiler, f Lagerholz für Fussboden, g Ziegelpflaster mit Asphaltschicht.

Spritzwassers wird der Sockel des Gebäudes durch eine Bekleidung mit guten Klinkern, Granitplatten oder Cementputz gesichert. Poröse Steine sind hierfür durchaus ungeeignet.

Damit das an den Wänden des Gebäudes herabfliessende Regenwasser, wie auch das Traufwasser der Gesimse nicht in den Erdboden gelangen und die Grundmauern durchfeuchten, sondern schnell abfliessen kann, legt man rings um das Gebäude eine Pflasterung oder einen Plattenbelag von 80 cm bis 1 m Breite an, das sog. Traufpflaster, welches das Wasser in gepflasterten Rinnen abführt[2]).

Nachdem aller Mutterboden innerhalb der Umfassungsmauern des Gebäudes entfernt und durch eine Auffüllung von Sand- oder magerem Lehmboden ersetzt ist, wird diese durch eine Flachschicht in Kalk- bezw. Cementmörtel oder besser durch eine Betonschicht

[1]) Baukunde des Architekten. 1890. p. 171 ff.
[2]) Bau und Einrichtung ländlicher Volksschulhäuser. p. 6.

abgedeckt. Auf dieser Schicht werden kleine Pfeiler aus Ziegeln aufgemauert, die, mit Dachpappe abgedeckt, die Lagerhölzer des Dielenfussbodens tragen. Die Lagerhölzer dürfen mit dem Mauerwerk nicht in Berührung kommen, sondern müssen mit den Kopfenden mindestens 2,5 cm, mit den Längsseiten wenigstens 5 cm davon entfernt bleiben, damit die in den Mauern etwa vorhandene Feuchtigkeit nicht in dieselben eindringen kann, und damit die in dem Hohlraum unter der Dielung befindliche Luft mit der Zimmerluft in Verbindung steht.

Zur Erhaltung des Holzwerks und zur Verhinderung von Schwammbildung empfiehlt es sich sehr, unter dem Fussboden eine stetige, wenn auch nur mässige Luftbewegung zu bewirken[1]).

Entweder wird Luft durch kleine Oeffnungen in den Aussenwänden eingeführt, oder es tritt die Zimmerluft durch in den Fussleisten angebrachte Löcher in den Hohlraum unter der Dielung, der seinerseits mit einem eigenen Abzugsschlote oder mit einem durch den Ofen geführten Rohr in Verbindung gesetzt ist (s. Deutscher Fussboden von Hetzer).

In der kalten Jahreszeit ist von der Einführung der Aussenluft abzusehen, da dies den Boden „fusskalt" machen würde; es werden daher dann die durch Drahtgeflecht oder von durchlochten Blechplatten geschützten Ventilationsöffnungen durch kleine Schieber geschlossen.

Bei feuchtem Untergrunde versieht man schliesslich die Pflasterbezw. Betonschicht mit einem Asphaltbelag, der seitlich an den Wänden hochgeführt und mit der horizontalen Isolirschicht verbunden wird, so dass ein Emporsteigen der Bodenfeuchtigkeit und eine Gefährdung des Holzwerkes ausgeschlossen ist.

Vom Standpunkte der Hygiene ist es durchaus geboten, jedes massive Schulgebäude in seiner ganzen Ausdehnung zu unterkellern, weil durch die Anlage eines Kellers ein guter Schutz gegen Grundfeuchtigkeit und somit auch eine bessere Trockenhaltung des Gebäudes erreicht wird. Falls ein Keller für Heizungsanlagen oder zu anderen Zwecken nicht erforderlich ist, genügt es, die Kellergewölbe etwa 1 m hoch über dem Erdboden als sog. Luftgewölbe auszuführen. Bei ländlichen Schulhäusern ist in Preussen nach ministerieller Bestimmung der die Lehrerwohnung enthaltende Bautheil in der Regel zu unterkellern, sofern es möglich ist, die Kellersohle

[1]) Baukunde des Architekten. p. 172.

mindestens 0,30 m über den höchsten Grundwasserstand zu legen. Die Regierung zu Breslau empfiehlt in ihrer Anweisung vom 22. März 1884 die Unterkellerung dringend aus „ökonomischen und sanitären Rücksichten", während in Baden[1]) ausdrücklich vorgeschrieben ist: „Das Gebäude muss mit Kellern versehen sein." Klette[2]) dagegen hält sowohl mit Rücksicht auf die Kostenersparniss als auch in hygienischem Interesse den Wegfall der Unterkellerung für wünschenswerth. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Unterkellerung nicht nöthig ist, wenn man durch die Einbringung von Betonisolirung das zu errichtende Gebäude von jeder Communication mit der Bodenluft oder dem Grundwasser unabhängig gemacht hat. Man kann dann den Bau wie bei dem Barackenbau auf dem gewachsenen Boden auf genügend tief gehenden Fundamenten aufführen. Indess wird in grossen Städten bei dem Bedürfniss nach grossen Schulen und der Nothwendigkeit von Nebenräumen die Unterkellerung fast niemals zu entbehren sein. In dem so geschaffenen Kellergeschoss werden dann ausser den erforderlichen Räumen für Brennmaterial die Centralheizungsanlage, zuweilen auch die Schuldienerwohnung und eventuell eine Brausebadanlage untergebracht werden.

Ist das Schulgebäude unterkellert, dann genügt es nicht mehr, die von unten aus dem Boden und den Fundamenten aufsteigende Feuchtigkeit durch horizontale Isolirschichten von den Kellermauern fernzuhalten; es müssen letztere ausserdem auch gegen die aus dem seitlich anliegenden Erdreich kommende Feuchtigkeit gesichert werden. Asphaltbekleidungen an der Aussenseite der Mauern, soweit sie in der Erde stehen, würden einen ausreichenden Schutz gewähren. Da aber das Anbringen senkrechter Asphaltschichten schwierig ist, so verwendet man sog. „Asphaltplatten" oder gebraucht andere Mittel, das seitliche Eindringen der Feuchtigkeit in die Kellerräume zu verhindern. Man führt rings um die Grundmauern des Gebäudes in einem Abstande von etwa 50 cm eine Parallelmauer auf, so dass längs der Mauern ein Luftcanal entsteht, der entweder oben unter der Erdoberfläche durch ein kleines, mit Oeffnungen versehenes Gewölbe geschlossen wird oder besser ganz offen bleibt und nur mit einem durchbrochenen Gitter abgedeckt wird. Die aus Beton hergestellte Sohle des Canals erhält in der Mitte eine Rinne, welche das Meteorwasser oder das etwa seitlich aus dem Erdreich durchsickernde Wasser abführt.

[1]) Badische Ministerial-Verordnung vom 17. Oktober 1884.
[2]) A. a. O. p. 32 ff.

Da bei der Anordnung eines derartigen offenen Luftcanals die Kellermauern in keine directe Berührung mit dem Erdreich kommen, vielmehr der Einwirkung der atmosphärischen Luft vollkommen ausgesetzt sind, so ist die Gefahr, dass von aussen Feuchtigkeit in die Mauern eindringt, ausgeschlossen, während etwa im Keller selbst durch Athmung von Menschen, durch Kochen, Waschen etc. erzeugte Wasserdämpfe durch die Fenster und Thüren oder durch besondere Ventilationseinrichtungen abgeführt werden.

Wegen der hohen Kosten wird man von der Ausführung von breiten Luftcanälen meist absehen müssen und eine Construction wählen, die ohne grossen Kostenaufwand den nöthigen Schutz bietet. Es wird dies in sicherster Weise erreicht durch Anlage senkrechter, 6—8 cm breiter Luftschichten, welche von der horizontalen Asphaltschicht bis mindestens zur Terrainhöhe heraufreichen.

Bei Ziegelmauern liegt die Luftschicht an der Aussenseite und ist von dem Erdreich durch eine 12 cm, bei nassem Boden 25 cm starke Mauer aus Klinkern in Cementmörtel getrennt.

Die Trennungsmauer ist an der Aussenfläche mit Cementputz oder mit einem Goudronanstrich zu versehen und durch in Goudron getauchte Bindersteine mit dem Kellermauerwerk zu verbinden.

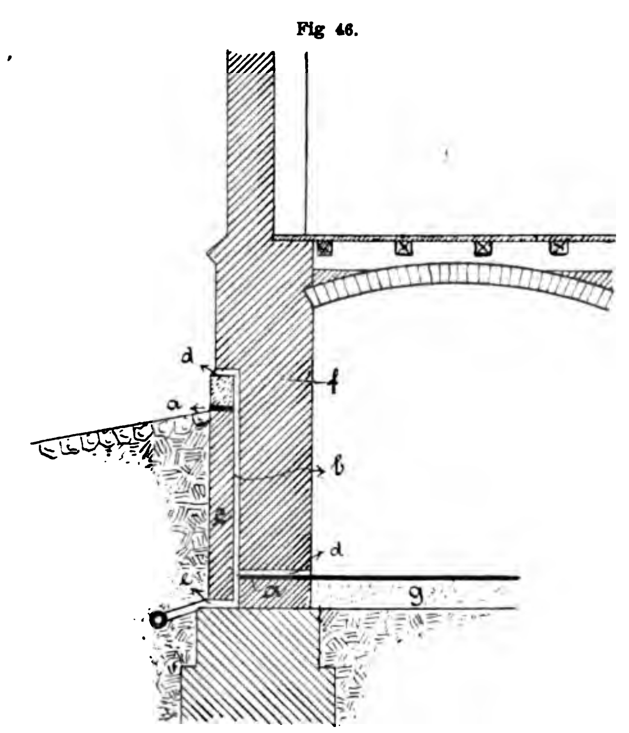
Es empfiehlt sich ferner, die Sohle der Luftschicht etwa 16 cm tiefer als die Asphaltisolirschicht zu legen und seitwärts durch kleine Canäle nach aussen zu entwässern, damit etwa sich ansammelndes Wasser abfliessen kann. Schliesslich wird die Luftschicht sowohl mit der äusseren Luft als auch mit dem Keller durch kleine Canäle verbunden. Dieselben münden nach aussen über dem Sockel oder an den Fensterleibungen, nach innen bei massivem Fussboden dicht über demselben, bei Holzfussboden unter der Dielung, wobei die Luftcirculation in dem Hohlraum darunter in derselben Weise bewirkt wird, wie vorher bei nichtunterkellerten Gebäuden beschrieben ist.

Die Asphaltisolirschicht liegt in letzterem Falle in Höhe der Unterkante der Lagerhölzer, bei massivem Fussboden über dessen Oberkante.

In Figur 46, welche die Isolirung des Kellers darstellt, ist a die isolirende Asphaltschicht, b die Luftschicht, c die 12 cm starke Trennungsmauer, d d die kleinen Canäle, welche die Luft mit der Aussenluft bezw. dem Keller in Verbindung setzen, e der kleine Entwässerungscanal, f die Kellermauer und g der massive Fussboden. Dieser wird am besten aus einer 10—15 cm starken Beton-

schicht mit Asphaltbelag hergestellt und mit der Isolirschicht a verbunden, um dem Eindringen der Grundfeuchtigkeit und der Bodenluft in das Gebäude vorzubeugen und um eventuell den durch das Wasser mitgeführten Krankheitskeimen aus dem Boden den Zugang in den Keller und damit in die Klassenzimmer zu wehren. Ferner wird durch eine derartige Construction die Gefahr verhütet, dass aus schadhaften Gasrohrleitungen in den Strassen Leuchtgas ausströmt

Fig 46.



Schnitt durch die Wand unbewohnbarer Kellerräume. Bodenisolirung.

und nun durch den porösen Boden und durch die Grundmauern in den Keller und in die Zimmer dringt.

Ist ein Holzfussboden vorhanden, dessen Ausführung nothwendig wird, wenn das Kellergeschoss Wohnräume enthält, so empfiehlt es sich ebenfalls, denselben auf eine mit Asphaltbelag versehene Pflaster- oder Betonschicht zu verlegen. Die so gedichtete Kellersohle muss jedoch mindestens 30 cm über dem höchsten bekannten Grundwasserstande liegen.

Zur Hinterfüllung der Umfassungsmauern des Kellers wird gewöhnlich die aus den Fundamentgruben ausgeworfene Erde oder

auch Bauschutt benutzt. Da aber der am Gebäude anliegende Mutterboden den sog. Mauerfrass, wie auch Hausschwamm erzeugen kann, und da namentlich die bald eintretende Fäulniss der in dem Schutt enthaltenen organischen Stoffe das Mauerwerk in Folge von Bacterienentwickelung und der in den Poren vor sich gehenden Zersetzungsprocesse beschädigen kann, so ist es besser, hinter der Mauer eine Aufschüttung von grobem Kies oder Steinschotter einzubringen[1]). Diese zwischen Mauer und Erde befindliche Hinterfüllung hält das von der Seite und von oben hereindringende Wasser von der Mauer ab und leitet es schnell nach unten, von wo es zweckmässig durch Drainrohrstränge abgeführt wird.

Die Anlage der Fenster in den Kellerräumen bietet keine Schwierigkeit, wenn die Decke des Kellers hoch genug über dem Erdboden liegt. Ist aber der Keller so tief in die Erde versenkt, dass man, um genügend hohe Fenster zu erhalten, mit der Fenstersohlbank unter die Erdoberfläche herabgehen muss, so wird die Anlage von sog. Lichtschachten oder Lichtgruben nothwendig. Sie erhalten ein kleines Fundament oder werden besser auf besondere, aus der Mauer heraus gestreckte Constructionen gestellt, um ein späteres Einsinken zu verhüten. Die schräg angelegte Sohle wird durch kleine Oeffnungen nach aussen entwässert. In Fig. 47 ist a die Asphaltisolirschicht, b die Luftschicht, welche in der Fensterleibung über dem Sockel ausmündet, c die asphaltirte Betonschicht, d der hohlliegende Fussboden, e der Lichtschacht und f der höchste Grundwasserstand.

Ist die Wohnung des Schuldieners im Kellergeschoss untergebracht und liegt der Fussboden tiefer als 0,50 bis höchstens 1 m unter dem umgebenden Erdboden, so muss nach § 37 der Baupolizeiordnung für den Stadtkreis Berlin vom 15. Jan. 1887 an der zu den betreffenden Räumen gehörigen Frontwand ein durchgehender Lichtgraben hergestellt werden, dessen Breite mindestens 1 m beträgt, und dessen gut zu entwässernde Sohle um 15 cm tiefer als der Fussboden der anstossenden Räume angeordnet ist. Der Lichtgraben muss in der Oberfläche des Bürgersteiges mit einem eisernen Rost überdeckt oder mit einem mindestens 1 m hohen metallenen Gitter umschlossen werden.

Obgleich die massive Ueberwölbung des Kellergeschosses im Allgemeinen als Regel zu betrachten ist, so dürfte doch bei einer

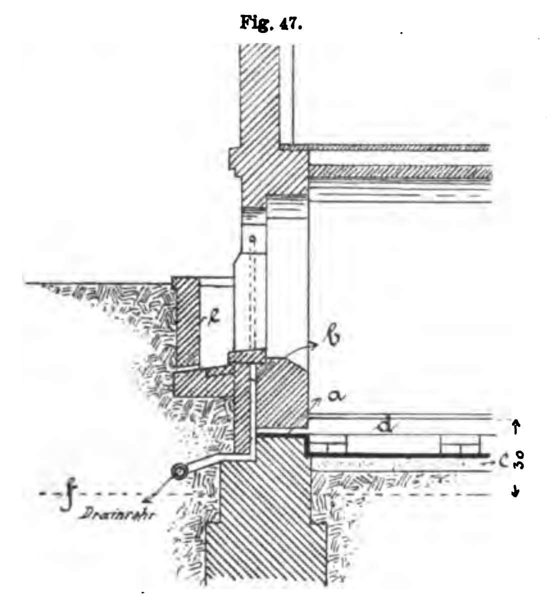
[1]) Pettenkofer und Ziemssen, Lehrbuch der Hygiene u. s. w. I. Thl., 2. Abthlg., 4. Heft, p. 54.

derartigen Isolirung der Kellermauer gegen das Erdreich wider eine Balkendecke über dem Kellergeschoss nichts einzuwenden sein.

Auch der preussische Ministerial-Erlass vom 1. November 1892[1]) gestattet bei Schulhäusern auf dem Lande und in kleineren Städten die Herstellung der Decken über dem Kellergeschoss in Holz, während die schon vorhin erwähnte badische Verordnung vorschreibt, dass das Gebäude mit Kellern — womöglich *gewölbten* — versehen sein muss.

Schutz gegen Grundwasser. Für den Fall, dass die

Fig. 47.



Schnitt durch die Wand bewohnbarer Kellerräume mit Isolirung.

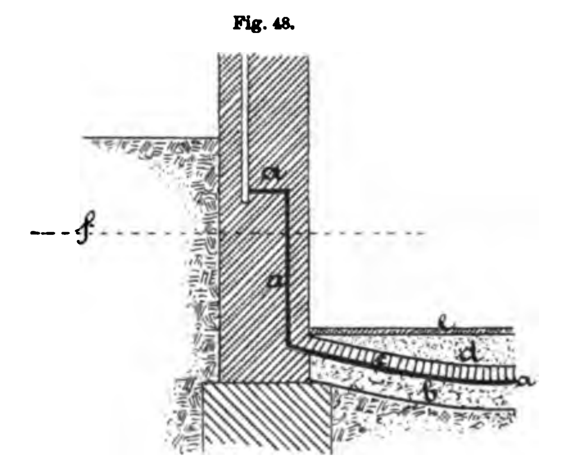
Kellersohle tiefer liegt als der höchste Grundwasserstand, sind besonders sorgfältig auszuführende Vorkehrungen nothwendig, welche sowohl das seitlich eindringende, als auch das von unten emporsteigende Wasser von den Kellerräumen abhalten.

Die Umfassungsmauern werden aus möglichst undurchlässigen, nicht hygroskopischen Steinen, am besten aus gesinterten Klinkern, in Cementmörtel aufgemauert und durch senkrechte Asphaltlagen oder durch 5 cm starke, mit Cement oder besser Asphalt auszugiessende Luftschichten gesichert.

[1]) *Bestimmungen* über die Bauart der von der Staats-Bauverwaltung auszuführenden Gebäude, unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrssicherheit.

Um das Emporsteigen des Grundwassers durch die Kellersohle zu verhindern, genügt es nicht, in die einzelnen Räume des Kellers starke Betonschichten einzulegen, weil die Anschlüsse an die Umfassungs- und Scheidemauern sich nie dicht herstellen lassen[1]). Vielmehr muss die ganze überbaute Fläche mit einer einheitlichen, genügend starken Betonplatte bedeckt werden, die einen mit der vorhin erwähnten senkrechten Lage zu verbindenden Asphaltbelag erhält, oder man legt auf ein mit Asphaltschicht versehenes schwaches Betonlager ein umgekehrtes, ½ Stein starkes Gewölbe zum Schutz gegen den Auftrieb des Grundwassers. Das Gewölbe kann auch aus festgestampftem Cementbeton oder in Monier-Con-

Fig. 48.



Isolirung der Keller bei hohem Grundwasserstand.

struction (dünne Cementschicht mit Eiseneinlage) hergestellt werden. In Fig. 48 ist a die Asphaltschicht (im senkrechten Theil durch eine innen vorgemauerte, 12 cm starke Schicht von Klinkern gesichert), b die Betonschicht, c das umgekehrte Gewölbe, d die Auffüllung (Ziegelbrocken oder dergl.), e Ziegelpflaster oder dünne Betonschicht, f der höchste Grundwasserstand.

Um ein Setzen oder Brechen der Gewölbe zu verhindern, wenn in Folge des Sinkens des Grundwassers der Druck von unten aufhört, werden unter dem Scheitel kleine Fundamente angeordnet.

Umfassungsmauern. Die Aussenwände des Schulhauses müssen aus festem, wetterbeständigem Material so stark hergestellt

[1]) Baukunde des Architekten. 1890. p. 176 ff.

werden, dass sie nicht nur die erforderliche Standhaftigkeit besitzen, sondern auch die Innenräume gegen Nässe und die Einflüsse der äusseren Temperatur genügend schützen; denn je dicker eine Mauer ist, um so weniger wird die Innentemperatur der Räume von der Aussentemperatur beeinflusst.

Die Frage, ob das Material der Aussenwände für Luft durchlässig oder undurchlässig sein soll, hat eine verschiedene Beantwortung erfahren und nöthigt zu einer etwas eingehenderen Erörterung.

Die Permeabilität der Umfassungsmauern ist aus verschiedenen Gründen erwünscht. Sie trägt zur Lufterneuerung in den Wohnräumen bei, indem die zumeist kühlere Aussenluft durch die Poren des Baumaterials in die wärmeren Zimmer einströmt; sie wirkt austrocknend auf die Wände, indem die in diesen enthaltene Feuchtigkeit von der durchströmenden Luft rasch entfernt bezw. vermindert wird, da das Sättigungsdeficit der Aussenluft, sobald sie in den Wänden erwärmt wird, sich vergrössert; sie ist endlich auch von Wichtigkeit für die Festigkeit der Mauern, indem durch die Einwirkung der in der durchströmenden Luft enthaltenen Kohlensäure der Mörtel erhärtet. Die beiden letzten Gründe sind indess nur für Neubauten von Bedeutung, eventuell kommt die austrocknende Wirkung dieser Mauerventilation noch alten Gebäuden zu gute, wenn sie auf feuchtem Baugrunde stehen und keine oder ungenügende Isolirung haben, oder wenn sie durch die atmosphärischen Niederschläge durchfeuchtet sind. Obwohl auf die Bedeutung der Permeabilität der Wände für die Lufterneuerung der Wohnräume ausführlich bei dem Capitel „Ventilation“ eingegangen werden wird, so müssen wir die Mauerventilation doch schon hier berücksichtigen, weil sie mit der Frage von der Beschaffenheit des Baumaterials in enger Beziehung steht.

Der Luftwechsel durch die Wände ist, abgesehen von der Stärke und Richtung des Windes und von der Temperaturdifferenz zwischen Aussen- und Innenluft, wesentlich abhängig von der grösseren oder geringeren Porosität des Baumaterials und in diesem Sinne auch von allen Einflüssen, welche die Porosität resp. die Durchgängigkeit für Luft durch die Poren des Baumaterials stören.

Aus v. Pettenkofers Untersuchungen der Luft in seinem Arbeitszimmer, also in einem von Backsteinen und Mörtel umgebenen Raum, berechnete v. Pauli die Ventilationsgrösse der Mauer für

1 qm Wandfläche pro Stunde und 1° R. Temperaturdifferenz = 0,245 cbm = 245 l Luft [1]).

Die weiteren Untersuchungen von Märker [2]) und Schultze [3]) ergaben, dass die Ventilationsgrösse für 1 qm Mauerfläche und 1° R. Temperaturdifferenz pro Stunde

bei Sandstein	= 1,69	cbm
„ Kalkbruchstein	= 2,32	„
„ Backstein	= 2,83	„
„ Kalktuffstein	= 3,64	„
„ Lehmstein	= 3,21	„

betrug, wobei die grössere Durchlässigkeit der Kalkbruchsteinmauer gegenüber der Sandsteinmauer in dem Umstande ihren Grund hat, dass die Menge des verwendeten Mörtels bei dieser (1/6 — 1/3 des ganzen Mauercubus) kleiner ist als bei jener (1/3), und dass der Mörtel ein überaus poröses Material ist, weshalb ihm bei Bruchsteinmauern der grösste Theil der natürlichen Ventilation zufällt (Schürmann [4]), Lang).

Die bei diesen Untersuchungen gefundenen Permeabilitätsergebnisse dürfen aber nicht ohne Weiteres auf die Mauern, die aus dem zur Prüfung herangezogenen Material hergestellt sind, übertragen werden; denn die Durchlässigkeit der Mauern beträgt je nach ihrer Stärke und der Art ihrer Ausführung zuweilen das 60—70fache von den für die Durchlässigkeit einzelner Materialstücke gefundenen Werthen. Hieraus folgt, wie Recknagel zuerst nachgewiesen, dass der bei weitem grösste Theil des Luftwechsels nicht durch die Poren der Steine und des Mörtels, sondern durch die in dem Mauerwerk vorhandenen zufälligen Ritzen und Spalten vermittelt wird. Wenn auch durch die Porosität des Materials und namentlich durch die undichte Beschaffenheit der Thüren und Fenster ein gewisser Austausch zwischen der Innenluft der Räume und der äusseren Luft stattfindet, so ist dieser Luftwechsel jedoch für die mit Menschen gefüllten Klassenräume durchaus ungenügend; es muss vielmehr, wie später bei Besprechung der Ventilation ausgeführt werden wird, für künstliche Luftzufuhr gesorgt werden.

Da die Durchlässigkeit der Baumaterialien sich in Folge von

---

[1]) A. a. O. p. 68.

[2]) Märker, Untersuchungen über natürliche und künstliche Ventilation in Stallgebäuden. Göttingen 1871.

[3]) Schultze, Journal für Landwirthschaft. 17. Jahrgang.

[4]) Schürmann, Jahresbericht der rheinischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege. Dresden. III. Jahrgang.

Befeuchtung verringert, so wird man vom hygienischen Standpunkte aus ein Material bevorzugen, das selbst bei Durchfeuchtung die Permeabilität der Wand möglichst wenig beeinträchtigt. Aus den von O. Lang hierüber angestellten Versuchen ergiebt sich, dass poröse Steine bei Durchfeuchtung einerseits weniger Einbusse an Permeabilität erleiden, andererseits das Wasser, welches sie aufgenommen haben, rascher abgeben als ein weniger poröses Material. Wie sehr übrigens das Material sich gerade nach seinen hygroskopischen Eigenschaften unterscheidet, ist schon von Pappenheim betont worden, welcher angiebt, dass einzelne Materialien selbst in der allertrockensten und wärmsten Jahreszeit nicht trocken werden. Da das Baumaterial für Luft in dem Maasse undurchgängiger wird, als es sich mit Feuchtigkeit (Wasser) imprägnirt hat, so hat man an der Schwierigkeit, mit welcher Luft durchgetrieben werden kann, einen Maassstab für die hygroskopischen Eigenschaften.

Märcker[1]) wies nach, dass die Ventilation durch Backsteinmauern an einem Regentage 1,68 cbm per Quadratmeter und Minute, an dem darauffolgenden trockenen Tage 2,83 cbm betrug. Lang[2]) stellte aus seinen Versuchen folgende Scala auf:

Es liessen durch bei 0,0108 kg Druckdifferenz auf 1 qcm

Nummer	Material	Liter durchgegangener Luft per Quadratmeter und Minute		Bruchtheil der im durchfeuchteten Zustande durchgegangenen Luft	Dieser Bruchtheil nach Procenten
		trocken	feucht		
	Bruchsteine.				
1	Grünsandstein, oberbayer.	7,8	1,4	0,179	17,9
2	„ schweizer.	7,1	2,1	0,295	29,5
3	Kalktuffstein	478,8	233,2	0,487	48,7
	Künstliche Steine.				
4	Ziegel, bleich, Osnabrück	23,3	5,1	0,218	21,8
5	„ schwach gebrannt, Handfabr., München[3])	19,3	7,8	0,404	40,4
6	„ stark gebrannt, Handfabr., München	9,6	1,5	0,156	15,6

[1]) Märcker, l. c. 1871.
[2]) Lang, Ueber natürliche Ventilation. 1871. p. 94.
[3]) Hatte einen durch das ganze Stück gehenden Luftcanal.

Nummer	Material	Liter durchgegangener Luft per Quadratmeter und Minute		Bruchtheil der im durchfeuchteten Zustande durchgegangenen Luft	Dieser Bruchtheil nach Procenten
		trocken	feucht		
	Künstliche Steine.				
7	Ziegel, Maschinenfabr., München	7,9	1,7	0,215	21,5
8	Hochofenschlackenstein, Osnabrück 1871 . .	93,0	15,8	0,169	16,9
9	Hochofenschlackenstein, Osnabrück 1871 . .	105,0	15,4	0,147	14,7
10	Hochofenschlackenstein, Osnabrück 1873 . .	113,4	10,2	0,090	9,0
11	Hochofenschlackenstein, Haardt a. d. Sieg 1873	455,8	41,0	0,089	8,9
12	Schlackenstein, englischer .	158,0	1,1	0,007	0,7
13	„ Zuffenhausen	239,6	2,6	0,011	1,1
14	Cendrinquadern, München, Muster Nr. I . . .	10,68	8,17	0,765	76,5
15	Cendrinquadern, München, Muster Nr. II . . .	16,00	8,18	0,511	51,1
16	Cendrinquadern, München, Muster Nr. III . . .	18,80	11,2	0,596	59,6
	Bindemittel.				
17	Luftmörtel	54,4	3,9	0,071	7,1
18	Beton.	15,5	0	0	0
19	Portland-Cement	8,2	0	0	0

Diese Zahlen lassen also reciprok die hygroskopischen Eigenschaften der genannten Materialien erkennen.

Während von einer Seite darauf geachtet wird, dass die natürliche Durchlässigkeit der Wände für Luft nicht beeinträchtigt werde, wird von anderen Hygienikern auf den geringen Effect der Mauerventilation für die Lufterneuerung hingewiesen. Flügge[1]) erwähnt Untersuchungen, welche ergaben, dass je nach dem Baumaterial bei einem Druck von 1 mm Wasser oder von 1 kg pro qm nur 5 bis 50 l Luft pro Stunde und pro qm Wandfläche passiren; das macht für ein Zimmer mit 14 qm Aussenwand und für mittleren Wind von 3 kg Druck 0,2—2,0 cbm stündlichen Luftwechsel, also eine Menge, die für den grossen Luftbedarf des Schulzimmers gar nicht in Betracht kommt. Flügge ist daher — und wir glauben mit

[1]) A. a. O. p. 329.

einer gewissen Berechtigung — der Meinung, dass die Luftzufuhr durch das Baumaterial sich für die gewöhnlich vorliegenden Verhältnisse, nämlich mässigen Wind, der nicht gerade senkrecht auf die Mauern trifft, und geringe Temperaturdifferenzen, als völlig illusorisch herausstellt. Nur in einem Fall vermag dieselbe eine nennenswerthe Luftmenge zu fördern, nämlich bei direct auftreffenden Winden. Dann aber vermitteln schon die zufälligen Undichtigkeiten der Fenster und Thüren einen mehr als erwünschten Luftwechsel, so dass wir der Porenventilation völlig entrathen können.

Um die Bedeutung der Mauerventilation für die Lufterneuerung in Schulzimmern ins rechte Licht zu stellen, müssen wir ferner beachten, dass die meisten Schulräume nur eine Aussenwand haben, durch welche gute Luft einströmen kann, und dass das Mauerwerk dieser Wand sich nur auf die Theile unter, über und neben den Fenstern beschränkt. Der Ventilationseffect kann darum, soweit die Mauern dabei eine Rolle spielen, nur ein geringer sein. Dazu kommt noch, dass wir für die Aussenfläche der Umfassungsmauern ein möglichst undurchlässiges Material bezw. einen gleichen Anstrich fordern; denn hier ist gerade das aufsaugungsfähige Material leicht von Nachtheil, weil auffallende Niederschläge die Wand wiederholt bis in eine gewisse Tiefe durchfeuchten und dadurch ein bedeutender Wärmeverbrauch stattfindet. Daher meint Flügge, dass eine wasserdichte Oberfläche an der inneren Seite der Umfassungsmauern nicht von Nachtheil, an der Aussenseite aber von entschiedenem Vortheil ist.

Die natürlichen Bausteine sind im Allgemeinen zur Herstellung von Mauern weniger geeignet als Ziegel. Sie entsprechen zwar den Erfordernissen der Festigkeit und Wetterbeständigkeit meist in ausgezeichnetem Maasse, besitzen aber die für die Trockenhaltung der Mauern so wichtige Eigenschaft der Porosität in sehr verschiedenem, meist aber in ungenügendem Grade. Während die krystallinischen Gesteine (Granit, Syenit, Quarz etc.) eine fast vollständige Undurchlässigkeit für Luft und Wasser zeigen, haben manche Kalk- und Sandsteine die Eigenschaft, Feuchtigkeit leicht aufzunehmen und lange festzuhalten: sie sind hygroskopisch. Hierdurch werden die hygienischen Verhältnisse des Hauses aber um so mehr beeinträchtigt, als Sandsteine bei der Durchfeuchtung fast ganz undurchlässig werden und daher schwer trocknen.

Es erscheint daher zweckmässig, die Verwendung der natürlichen Gesteine auf Grundmauern und Sockelbekleidungen zu be-

schränken, wozu ein hartes, undurchlässiges Material am geeignetsten ist, und ausserdem nur die architektonischen Gliederungen, wie Gesimse, Fenster- und Thürumrahmungen etc., aus Haustein herzustellen (Klette, Hinträger).

Schon wegen der Kosten wird man bei Schulbauten von einer reichlichen Verwendung der Hausteine absehen müssen. Selbst ganz in Werkstein ausgeführte Façaden bestehen nur aus einer Verblendung der im Uebrigen aus einem anderen Material hergestellten Mauern.

Es mag noch darauf hingewiesen werden, dass ganz aus Bruchsteinen bestehende Mauern, die bei kleinen Schulgebäuden in manchen Gegenden vorkommen, im Innern ½ Stein stark mit Luftschicht unter Anbringung der nöthigen Binder verblendet werden müssen. Ohne diese Vorsichtsmaassregel kann bei sehr hygroskopischen Steinen die Feuchtigkeit von aussen nach innen durchschlagen, während bei undurchlässigen Steinen die Mauer ebenfalls feucht wird („schwitzt"), weil der in den wärmeren Innenräumen durch Athmung etc. erzeugte Wasserdampf nicht durch die Mauer hindurch nach aussen verdunsten kann, sondern sich an den kälteren Aussenwänden niederschlägt, falls nicht Ventilationseinrichtungen vorhanden sind. Da der Mörtel für Luft gut durchlässig ist, so wird bei dichten und hygroskopischen Bruchsteinen die fehlende Durchlässigkeit in gewissem Grade durch Mörtelfugen ersetzt, die um so grösser werden, je unregelmässiger die verwendeten Steine sind.

Die Eigenschaften eines guten Baumaterials, nämlich Festigkeit, Wetterbeständigkeit, Porosität und Trockenheit, besitzen am meisten gut gebrannte Ziegel, welche daher auch bei Ausführung von Schulgebäuden hauptsächlich verwendet werden (Nussbaum[1]).

Poröse Steine haben schliesslich noch den nicht zu unterschätzenden Vorzug, dass die Wärmecapacität mit der Porosität zunimmt, die Wärmeleitungsfähigkeit dagegen abnimmt. Die durch die Heizung erwärmte poröse Mauer wird daher im Winter die Wärme längere Zeit an sich halten und nur langsam ins Freie gelangen lassen, während im Sommer eine zu schnelle Erwärmung der Innenräume verhindert wird.

Um einen genügenden Schutz sowohl gegen das Durchschlagen von Feuchtigkeit als auch gegen die Einflüsse der Bestrahlung durch die Sonne, sowie gegen Wärmeverlust im Winter zu erhalten, sollten

---

[1]) Ch. Nussbaum, Der Einfluss der Baustoffe und Herstellungsweisen auf die Trockenheit der Wohnungen. Ges. Ing. 1892, XV, p. 777.

die Aussenmauern mindestens 38 cm (1 1/2 Stein) stark ausgeführt werden.

Bei einem mehrgeschossigen Gebäude nimmt die Stärke der Aussenmauern nach unten zu. Sind ausser dem Erdgeschoss 3 Obergeschosse vorhanden, so müssen die Mauern im obersten Stockwerk mindestens 38 cm (1 1/2 Stein), in den beiden nächstfolgenden 51 cm (2 Stein), im Erdgeschoss 64 (2 1/2 Stein) und im Kellergeschoss 77 cm (3 Stein) stark ausgeführt werden.

Die architektonische Ausbildung der Fronten erfolgt in der Weise, dass die Aussenseite der Mauern mit wetterbeständigen, nicht hygroskopischen Hausteinen oder mit besonders sorgfältig hergestellten Ziegeln verblendet wird, wobei für die Gesimse, Fensterumrahmungen etc. besondere Formsteine zur Verwendung gelangen können. Auch kann die Ziegelverblendung auf die glatten Mauerflächen beschränkt bleiben, während die architektonischen Gliederungen in Haustein oder Kunststein hergestellt werden. Dass auch ein sachgemäss ausgeführter Flächenputz durchaus nicht zu verwerfen ist, wurde schon früher erwähnt.

Die Plinthe des Gebäudes ist zum Schutz gegen das Eindringen des Spritzwassers mit guten Klinkern, Granitplatten oder anderen möglichst undurchlässigen Steinen zu verkleiden.

Um die Durchfeuchtung der Umfassungsmauern durch Regen- und Schlagwasser zu verhindern, wird die Aussenseite, wo es die Bekleidung derselben erforderlich macht, mit einem Anstrich von Oel-, Kalk- oder Erdfarbe versehen.

Die Ausführung der Façaden in Ziegelrohbau wird gegenwärtig bei allen Arten von Schulgebäuden wohl am häufigsten gewählt, weil die Fabrikation der „Verblender" einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht hat, weil ihr Preis wegen der massenhaften Herstellung kein hoher ist, und weil sie den in hygienischer Beziehung zu stellenden Anforderungen durchaus genügen. Die aus feinerem Thon gearbeiteten Verblendsteine gewähren wegen der Festigkeit ihrer Structur einen vortrefflichen Schutz gegen den Regen und stehen hinsichtlich der Permeabilität fast auf gleicher Stufe mit gut gebrannten Ziegeln. Die völlig undurchlässigen glasirten Ziegel von verschiedener Farbe finden nur eine beschränkte Verwendung, z. B. zur Abdeckung der Gesimse und der Fenstersohlbänke oder als Streifen zur Belebung der einfarbigen Flächen.

Von einigen Autoren wird die consequente Durchführung des Hohlmauerwerks für alle Umfassungsmauern empfohlen, weil da-

durch am besten ein genügender Schutz gegen äussere Feuchtigkeit, gegen Hitze und Kälte, sowie auch die Warmhaltung des Gebäudes erreicht wird.

Nach Schmölcke[1]) genügt für die Aussenmauern zweigeschossiger Gebäude von mittleren Geschosshöhen und Zimmertiefen eine 38 cm starke Mauer mit 14 cm breitem Hohlraum und ½ Stein starken, in Entfernung von etwa 1 m angeordneten durchbindenden Mauerpfeilern, während bei mehrgeschossigen Häusern mit grösseren und höheren Räumen der innere, die Balken tragende Mauertheil 1—1½ Stein stark angelegt werden soll.

Wenn auch die doppelwandigen Aussenmauern mit breiten isolirenden Luftschichten die dauernde Trockenheit des Gebäudes gewährleisten und für die Warmhaltung der Räume im Winter, sowie zu ihrer Kühlhaltung im Sommer von grosser Bedeutung sind, so beschränkt man sich doch im Allgemeinen darauf, nur die nach der Wetterseite liegenden Mauern mit einer 6—8 cm breiten Luftschicht herzustellen, deren Anbringung in schmalen Fensterpfeilern aus constructiven Gründen aber nicht möglich ist. Bei der Anlage von Luftschichten ist zu beachten, ob sie hauptsächlich die Feuchtigkeit abhalten oder einen Schutz gegen äussere Temperatureinflüsse gewähren bezw. die Wärmeabgabe der Innenräume möglichst verringern sollen. Im ersten Falle muss die Luftschicht mit der äusseren Luft in Verbindung stehen, damit die durch die äussere Mauer etwa eindringende Feuchtigkeit verdunsten kann, ohne die innere in Mitleidenschaft zu ziehen (siehe Kellerisolirung). Im zweiten Falle darf die Luft innerhalb der Hohlräume keine freie Bewegung behalten; sie muss vielmehr eingeschlossen sein und möglichst „ruhen". Um dies zu erreichen, um also zu verhindern, dass in Folge der Circulation in dem verticalen Schlitz eine schnelle Abkühlung bezw. Erwärmung der Luftsäule eintritt, ist eine Zerlegung der hohen verticalen Luftschicht in einzelne, von einander abgeschlossene, möglichst niedrige Theile nothwendig.

Die Verwendung von Hohlsteinen, welche einen wirksamen Ersatz für die Luftschichten in Mauern bilden würden, hat unseres Wissens bei Schulbauten bisher nicht die verdiente Berücksichtigung gefunden, obgleich sie namentlich für kleinere Schulen, ebenso wie für den Bau von Arbeiterwohnhäusern durchaus zu empfehlen ist, da mit geringen Mauerstärken eine genügende Trocken- und Warmhaltung des Gebäudes erreicht wird.

[1]) Deutsche Bauzeitung. 1883. p. 37.

In gewissem Grade bilden auch die horizontal gelochten Verblender eine schützende Isolirung der von ihnen bekleideten Mauern.

Neuerdings werden sog. „Isolier-Hintermauerungssteine“ hergestellt, welche es wohl verdienen, die bisherige Methode der Isolirung von Mauerwerk mittelst Luftschichten zu verdrängen, und welche in einfachster und billigster Weise die Ausführung von hygienisch richtig construirtem Mauerwerk ermöglichen. Die im Normalformat gepressten Steine haben an der unteren Lagerfläche gewölbte bezw. kappenartige Vertiefungen, wodurch in sich abgeschlossene, ruhende Luftschichten gebildet werden. Die grosse Wärmeisolirung einer solchen mit einer bedeutenden Anzahl kleiner Hohlräume durchsetzten Mauer, die hohe Druckfestigkeit der Steine, die Möglichkeit eines regelrechten Verbandes, der Fortfall der Luftschicht, die geringeren Wandstärken, die Ersparniss an Kosten — das alles sind Vorzüge, die eine Verwendung des neuen Materials bei Schulbauten wohl empfehlen dürfte [1]).

Ein anderes Baumaterial, welches aber nur beschränkte Anwendung findet, liefern die aus Hochofenschlacke und gelöschtem Kalk bestehenden Schlackensteine, die bei einer hochgradigen Durchlässigkeit für Wasser und Luft eine sehr hohe Druckfestigkeit besitzen. Da die Steine aber kleinporig sind und in Folge dessen bei Durchfeuchtung sowohl an Permeabilität bedeutend verlieren, als auch das aufgenommene Wasser nur langsam wieder abgeben, so empfiehlt es sich, Aussenmauern aus Schlackensteinen durch einen Behang von Schieferplatten oder dergl. gegen Regen zu schützen.

Innere Mauern. Die Mittel- und Scheidemauern werden am besten ebenso wie die Aussenmauern aus gutgebrannten Ziegeln hergestellt. Ihre Stärke hängt ab von der Grösse des Raumes, den sie umschliessen, ferner davon, ob sie die Deckenlast aufzunehmen haben und ob sie von Heiz- und Ventilationscanälen sehr durchbrochen sind.

Balkentragende Mittelmauern müssen mindestens 38 cm (1 ½ Stein) stark sein; bei mehrgeschossigen Schulgebäuden mit gewölbten Corridoren werden sie jedoch in einer Stärke von 51 cm (2 Stein) gleichmässig durch alle Geschosse aufgeführt.

Die Scheidemauern zwischen den Klassenzimmern müssen, um ein Durchdringen des Schalles zu verhindern, eine Mauerstärke von mindestens 25 cm (1 Stein) erhalten, welche jedoch entsprechend

---

[1]) Guckuck, Mauerwerk mit Isolir-Hintermauerungssteinen. Essen.

zu vergrössern ist, wenn sie durch parallel der Frontmauer liegende Deckenträger belastet oder wenn die Heizcanäle u. s. w. nicht in der Mittelmauer, sondern in ihnen untergebracht werden. Die durch die sächsische Verordnung bestimmte Mindeststärke von 12 cm ist als ungenügend zu bezeichnen. Auch sehr leichte und sehr poröse Materialien, wie poröse Lochsteine, Schwemmsteine, Korksteine und dergl., eignen sich zur Herstellung von unbelasteten Innenmauern, weil sie den Schall schlecht leiten. Derselbe Zweck wird erreicht durch Anordnung doppelter Wände mit dazwischen liegendem Luftraum.

Die Befürchtung, dass Bacterien in die porösen Mauern eindringen, sich darin weiter entwickeln und später wieder in die Luft der Innenräume gelangen könnten, ist nach neueren Untersuchungen unbegründet [1]). Die Keime, welche die in die Mauern eindringende Luft mit sich führt, bleiben vielmehr an der Oberfläche der Wand oder doch in der obersten Schicht des Putzes zurück und werden durch den Aetzkalk des Mörtels vernichtet.

Mörtel. Die Wichtigkeit des zur Verbindung und zum Verputz der Bausteine dienenden Mörtels ergiebt sich schon daraus, dass er etwa $^1/_5$—$^1/_6$ der gesammten Mauermasse ausmacht. Auch in hygienischer Beziehung kommt ihm eine wichtige Function zu wegen seiner Durchlässigkeit, welche es z. B. ermöglicht, durch seine reichliche Verwendung den aus fast undurchlässigen Bruchsteinen hergestellten Mauern eine gewisse Permeabilität zu sichern.

Der gebrannte Kalk wird unter Zusatz von Wasser gelöscht und muss längere Zeit, mit einer Sandschicht bedeckt, in der Kalkgrube lagern, damit der Löschprocess vollständig beendet wird [2]). Unvollkommen gelöschte Kalktheile im Mörtel, welche nachträglich in Folge Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft oder dem Mauerwerk ablöschen, vergrössern ihr Volumen und können dadurch Gefahren für das Gebäude veranlassen. Im Putz erzeugen sie kegelförmige Löcher, indem der darüber liegende Putz abgesprengt wird. Der Sand, dessen Beschaffenheit von grossem Einfluss auf die Güte des Mörtels ist, soll aus scharfen, reinen Quarzkörnern bestehen, ohne Beimengungen von Thon, Lehm, Humus u. s. w.; nöthigenfalls muss er durch Waschen in reinem Fluss- oder Regenwasser von etwaigen Nebenbestandtheilen befreit werden. Der durch Mischung von gelöschtem Kalk und Sand unter Zusatz von Wasser

---

[1]) Pettenkofer und Ziemssen. p. 122.
[2]) Baukunde des Architekten. p. 126 ff. u. p. 596.

hergestellte gewöhnliche Luftmörtel darf weder zu fett noch zu mager sein. Das Mischungsverhältniss wechselt zwischen 1 Theil Kalk und 2—4 Theilen Sand und ist dann am günstigsten, wenn die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern vollständig durch Kalk ausgefüllt werden. Eine übermässige Verwendung von Wasser zur Mörtelbereitung ist zu vermeiden, weil dadurch der Austrocknungsprocess der Mauern unnöthig verlangsamt und die Gefahr, dass der Mörtel in kalten Winternächten erfriert, vergrössert wird. Andererseits darf der Wassergehalt auch nicht zu niedrig sein, weil ein zu schnelles Austrocknen die Festigkeit des Mörtels verringert. Der chemische Erhärtungsprocess des Mörtels besteht darin, dass das Wasser verdunstet und Kohlensäure aus der Luft aufgenommen wird.

Reiner Cementmörtel (Cement mit Sandzusatz), der auch unter Wasser erhärtet und vollständig undurchlässig wird, findet gewöhnlich nur in nassem Untergrund für Fundament und Kellermauern Verwendung. Sog. „verlängerter Cementmörtel" (Kalkmörtel mit Cementzusatz) und hydraulischer Kalkmörtel empfehlen sich da, wo es auf Schnelligkeit des Abbindens, also auf rasches Trocknen des Baues, und auf Vermehrung der Festigkeit des Mauerwerks ankommt.

Die Errichtung von Mörtelfabriken bietet technische und hygienische Vortheile, weil die zur Erzielung eines stets gleichmässigen, guten Mörtels erforderliche innige Mischung seiner Bestandtheile sich nur auf maschinellem Wege erzielen lässt.

Mauern aus Stampf- oder Gussmasse. Schliesslich ist noch die Herstellung der Mauern, sowohl der äusseren wie der inneren, aus Stampf- oder Gussmasse [1]) zu erwähnen, die schichtenweise in die aus Bretterschalungen oder Eisen hergestellten Formen eingebracht und festgestampft wird. Je nachdem eine Mischung aus Kalk mit Sand oder aus Cement mit Sand, Kies, Steinschlag verwendet wird, unterscheidet man Kalk-Pisébau und Cement-Pisé- oder Betonbau. Namentlich die in genügender Stärke ausgeführten Betonmauern lassen in Bezug auf Festigkeit, Feuersicherheit und Trockenheit nichts zu wünschen übrig, da Beton in trockenem Zustande fast dieselbe Durchlässigkeit besitzt wie Ziegel.

Wenn auch ein Durchschlagen des Regens nicht zu befürchten ist, so empfiehlt es sich doch, äussere Betonwände durch einen Be-

---

[1]) Baukunde des Architekten, p. 113, und Pettenkofer und Ziemssen, p. 158.

hang mit Schiefer oder dergl. gegen den Schlagregen zu schützen, weil sie bei Durchfeuchtung an Permeabilität ausserordentlich verlieren.

Durch reichliche Verwendung sehr poröser Zuschläge wird zwar die Festigkeit verringert, wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit poröser Materialien aber die Trockenheit und Warm- bezw. Kühlhaltung der Räume erreicht.

Die Verwendung des Betons zum Bau ganzer Häuser ist bisher in Deutschland nur eine beschränkte geblieben, weil Betonhäuser gegen Witterungs- und Temperatureinflüsse keinen besseren Schutz gewähren als Häuser mit gewöhnlichen Mauerwerksumschliessungen und im Allgemeinen auch nicht billiger sind als diese. Ausserdem werden Bedenken ästhetischer Natur, nämlich wegen der unansehnlichen Färbung und der Schwierigkeit der Anbringung von Gesimsen u. s. w., gegen den Betonbau geltend gemacht. Immerhin dürfte wegen des Vorzugs der raschen Ausführung und des schnellen Trocknens der Betonbau für kleine, einfache Schulgebäude namentlich da in Betracht zu ziehen sein, wo die ökonomische Seite zu seinen Gunsten spricht und wo das Rohmaterial leicht und billig zu beschaffen ist.

Die hervorragende und gleichmässige Güte des deutschen Cements und das Vorhandensein einer Anzahl grösserer Geschäfte, welche den Betonbau als „Specialität“ pflegen, bieten heute die Gewähr für eine durchaus gediegene Ausführung.

c) Deckenconstruction.

Die Decken, welche die einzelnen Stockwerke eines Schulgebäudes von einander trennen, müssen derart construirt werden, dass sie vollkommen tragfähig, möglichst feuersicher, schalldicht, wärmedicht und für Wasser und Luft impermeabel sind. Die Undurchlässigkeit der Decken ist im hygienischen Interesse durchaus geboten, damit nicht die durch Ausathmung und Ausdünstung verschlechterte Luft im Winter aus den unteren Stockwerken in die oberen eindringen, dagegen im Sommer, wenn die äussere Luft wärmer ist als die innere, den entgegengesetzten Weg durch das Gebäude nehmen kann [1]) (siehe auch das Capitel: Wände und Decken des Schulzimmers).

---

[1]) Pettenkofer und Ziemssen. p. 243.

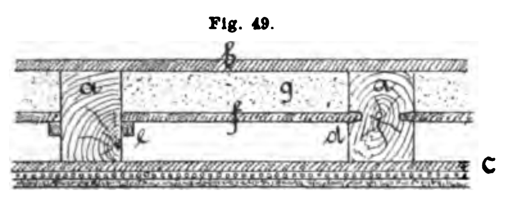


Die Anordnung der hölzernen oder eisernen Deckenträger geschieht entweder senkrecht zu den Frontwänden oder, namentlich bei grossen Tiefen der Klassen, parallel zu ihnen, wobei sie durch sog. „Unterzüge" unterstützt werden.

Rietschel[1]) hält diese Unterzüge für nicht empfehlenswerth, weil sie die normale Luftbewegung im Zimmer stören. Er fand in einem Schulzimmer einen als Balkenunterzug benutzten Eisenträger, während in einer dem Träger parallelen Wand die Einströmungsöffnung der warmen Luft lag. Der eintretende Luftstrom traf den Unterzug und wurde hierdurch zum Theil senkrecht nach der Richtung des Fussbodens abgelenkt, so dass die an dieser Stelle sitzenden Schüler unter Zugwirkungen zu leiden hatten.

Da die Decken eines Schulgebäudes ausserordentlich stark beansprucht werden, namentlich auch durch starke Erschütterungen,

Fig. 49.



Holzdecke.

so ist auf die Sicherheit der Constructionen besonders zu achten. Die Aufstellung von Deckenstützen, selbst von dünnen eisernen Säulen in den Klassenzimmern, ist unstatthaft.

Am häufigsten kommt heutzutage noch immer die Balkendecke zur Anwendung, deren Construction als Einschubdecke aus Fig. 49 ersichtlich ist. Die in einer Entfernung von etwa 90 cm[2]) von Mitte zu Mitte zu verlegenden Balken a tragen den Dielenfussboden b, während an ihrer Unterfläche die Deckenschalung c befestigt ist, welche, berohrt und geputzt, die Decke des darunter befindlichen Raumes bildet. Zwischen Fussboden und Schalung, etwa in der halben Balkenhöhe liegen in Falzen d oder besser auf angenagelten Latten e die Einschubbretter f, auf welche die Füllung g eingebracht wird, nachdem die Fugen von oben mit Lehm verstrichen sind. Die Höhe der Auffüllung ist in Berlin auf mindestens 13 cm festgesetzt; nach der sächsischen Verordnung soll sie nicht unter 7 cm betragen, was zur Erzielung der Schalldichtheit wohl kaum genügen dürfte.

---

[1]) Rietschel, Heizung und Lüftung von Schulen. p. 16.
[2]) In Holland, Belgien und Amerika werden meist Halbhölzer oder Bohlenbalken verwendet und zwar in einer Entfernung von 0,40—0,60 m.

Da die Wahl eines ungeeigneten Materials ebenso wie eine fehlerhafte Construction nicht nur für die Sicherheit, sondern auch für die Hygiene des Gebäudes die schädlichsten Folgen haben kann, so ist bei Ausführung der Decken mit der grössten Sorgfalt zu verfahren. Durch das „Faulen“ und „Stocken“ des Holzes, besonders aber durch den von einem Pilz (Merulius lacrymans) erzeugten Hausschwamm, wird das Holzwerk zerstört und eventuell der Einsturz der Decken herbeigeführt [1]). Ausserdem bildet der Hausschwamm, wie nachgewiesen ist, die directe Ursache zu Krankheiten [2]). Durch Einathmung der Sporen werden Katarrhe der Respirationsorgane, durch Herabschlucken derselben in den Verdauungscanal dagegen gastrisch-typhöse Erscheinungen hervorgerufen, während der üble Modergeruch des in reifem Zustande stark stinkenden Pilzes Müdigkeit, Theilnahmlosigkeit, Kopfschmerzen und Schwindel bewirken kann.

Es sind auch Vergiftungen des ganzen Organismus constatirt worden, in einzelnen Fällen sogar mit tödtlichem Ausgange. Da nach Untersuchungen von Hartig der Hausschwamm sich schon sporadisch in den Wäldern vorfindet, wo er sich allerdings nur an bereits gefälltem Holz zu entwickeln vermag, und da ferner die Feuchtigkeit für den Hausschwamm eine der wichtigsten Lebensbedingungen bildet, so ist nur vollkommen gesundes und trockenes Holz für den Hausbau zu verwenden.

Auch darf auf Lagerplätzen das frische, gesunde Bauholz nie mit Holz, welches von abgebrochenen Häusern herstammt, in Berührung kommen, weil die Gefahr einer Uebertragung des Hausschwamms vorhanden ist [3]).

Ferner ist alles Holzwerk schon während des Baues möglichst gegen Nässe zu schützen; die in der Mauer steckenden Balkenköpfe werden an beiden Seiten mit trockenen Steinen ohne Mörtel ummauert; die Hirnseite wird durch eine mit der Aussenluft in Verbindung stehende Luftschicht während des ganzen Rohbaues von Kalk und Nässe isolirt.

Das Verlegen eines Stückes Dachpappe unter und über die Balkenköpfe, sowie das Streichen derselben mit einem desinficirenden Mittel (Kreosotöl oder Carbolineum) ist empfehlenswerth; dagegen schaden Umhüllungen mit Dachpappe, Lehm und dergl. mehr,

---

[1]) Robert Hartig, Der echte Hausschwamm. Berlin 1885.
[2]) Pettenkofer und Ziemssen. p. 306 ff.
[3]) Bau-Instruction der Regierung zu Breslau. p. 4.

als sie nutzen, weil dadurch das Verdunsten etwa vorhandener Feuchtigkeit verhindert und die Holzfäulniss und Schwammbildung nur begünstigt wird. Ummantelungen aus geschlossenen Eisenblechkasten, bei denen die Luft durch kleine Eckcanäle jederzeit ganz bis an das Ende des Balkenkopfes geführt wird, sind jedoch als zweckmässig zu bezeichnen.

Das Verlegen des Fussbodens und das Anbringen der Deckenschalung darf erst geschehen, nachdem die vor dem Eindecken des Daches etwa durch Regen nass gewordenen Balken wieder vollständig getrocknet sind.

Dass eine Unterkellerung des Schulgebäudes, besonders aber eine sorgfältige Isolirung der Grund- bezw. Kellermauern, gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und die hierdurch bedingte, im hygienischen Interesse nothwendige Trockenheit der Schulräume höchst wichtige Momente zur Verhinderung der Schwammgefahr bilden, wurde schon früher erwähnt. Um die Einschleppung von Hausschwammsporen durch Arbeiter zu verhüten, die mit Hausschwammreparaturen beschäftigt waren, müssen die Kleidungsstücke und das Handwerkszeug derselben gründlich desinficirt werden.

Sollte sich trotz aller Vorsicht irgendwo in einem Schulhause Schwamm zeigen, so wird man mit allen zu Gebote stehenden Mitteln dagegen einzuschreiten haben; die kranken Balken, Fussböden u. s. w. werden entfernt werden müssen, feucht gewordene Mauerstellen müssen trocken gemacht, mit Luftcanälen versehen und mit Cement oder Asphalt bekleidet werden, endlich muss man neues, trockenes, am besten geglühtes Füllmaterial unter die Fussböden einbringen; da, wo man glaubt, mit palliativen Mitteln auszukommen, kann der Versuch gemacht werden, diejenigen desinficirenden resp. schwammzerstörenden Substanzen anzuwenden, welche die Wissenschaft als die besten vorschreibt (Kreosotöl, Antinonin).

Besondere Vorsicht ist bei der Wahl des Füllmaterials für Balkendecken nothwendig. Die Gefahren, welche in der Verwendung von ungeeignetem Material für das Gebäude liegen und auf welche Emmerich[1]) zuerst nach eingehenden Untersuchungen hingewiesen hat, wird man als recht erhebliche bezeichnen müssen, wenn man bedenkt, wie grosse Mengen Füllstoffe (Hunderte von Cubikmetern) in den Zwischendecken aufgespeichert sind. Da ein

[1]) Emmerich, Die Verunreinigung der Zwischendecken etc. Zeitschrift für Biologie. XVIII. p. 253.



unreines, organische Stoffe enthaltendes Material nicht nur durch Bildung von Fäulnissbacterien die Luft in den Räumen verpesten und die Entwickelung des Hausschwammes befördern, sondern sogar durch die in ihm vorhandenen pathogenen Mikroben Infectionskrankheiten (Typhus, Tuberculose, Lungenentzündung, Diphtheritis) hervorrufen kann, so darf nur ein absolut reines und trockenes Füllmaterial genommen werden, welches frei ist von fäulnissfähigen oder hygroskopischen Substanzen und welches weder Staub noch gesundheitsschädliche Gase zu entwickeln vermag, wie letzteres z. B. bei der Schlackenwolle der Fall ist.

Die früher leider häufig vorgekommene Verwendung von Bauschutt von alten, im Abbruch befindlichen Gebäuden ist durchaus zu vermeiden, weil dadurch nicht nur die Uebertragung von Ungeziefer, sondern auch aller der vorhin angeführten Gefahren stattfinden kann. Coaks, Steinkohlenasche, Asche, Torfmull u. s. w., welche wegen ihrer grossen Wassercapacität und des Gehaltes an kohlensaurem Kali die Entwickelung von Schimmelpilzen, pathogenen Bacterien, sowie des Hausschwammes begünstigen, sind ebenfalls ungeeignet.

Das beste Füllmaterial bildet nach Emmerich[1]) geglühte Infusorienerde (sog. Diatomeenerde). Sie enthält keine organischen Stoffe, ist nahezu bacterienfrei und vermag wegen ihres Gehaltes an Eisensalzen bei genügender Feuchtigkeit pathogene Bacterien abzutödten. Sie gewährt einen ausgezeichneten Schutz gegen Schall- und Wärmeleitung, ist absolut feuersicher und belastet ihres geringen specifischen Gewichtes wegen die Zwischendecken viel weniger als alle anderen Materialien. Die Eigenschaft der Diatomeenerde, grosse Mengen Flüssigkeit aufzunehmen und festzuhalten, wodurch nach Emmerich das Mauerwerk, die Balken u. s. w. allmählich ausgetrocknet werden sollen, dürfte wohl kaum als ein Vorzug anzusehen sein, weil dadurch gerade ein höherer Feuchtigkeitsgrad in den Zwischendecken verursacht wird. Wegen des hohen Preises ist die Verwendung der Infusorienerde überhaupt nur eine beschränkte.

Als gute Füllmaterialien sind zu bezeichnen: ganz trockener ausgeglühter Sand, gut gewaschener Kies und der in den Hochofenwerken erzeugte Schlackensand[2]).

Ob der aus einem Gemisch von Torfmull und gelöschtem Kalk

---

[1]) Pettenkofer und Ziemssen, Handbuch der Hygiene u. s. w. I. Thl., 2. Abthlg., 4. Heft, p. 251.

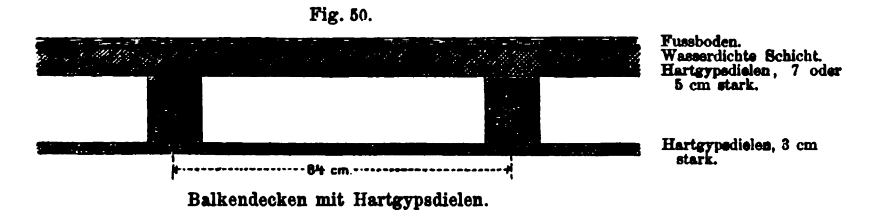
[2]) Centralblatt der Bauverwaltung. 1889. p. 100.



bestehende Kalktorf die parasitären Holzkrankheiten und die Bildung von Mikroorganismen zu verhüten vermag, erscheint wohl zweifelhaft. Wegen seines grossen Wasseraufnahmevermögens muss er ebenso wie die Diatomeenerde durch einen wasserdichten Abschluss gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden. Die Vorzüge dieser von Nussbaum[1]) empfohlenen Construction, bei welcher der ganze Raum zwischen Schalung und Fussboden mit Kalktorf ausgefüllt wird, bestehen in dem sehr geringen Gewicht, der geringen Wärmeleitung und der guten Schalldämpfung.

Die ältere Construction der sog. Windelböden, bei denen mit Strohlehm umwickelte Staakhölzer eine Lehmauffüllung tragen, liefert zwar wärme- und schalldichte und für Wasser undurchlässige Decken, wird aber wegen ihres grossen Gewichtes nur selten ausgeführt. Auch ist die Verwendung von Lehm nicht unbedenklich,

Fig. 50.



Balkendecken mit Hartgypsdielen.

weil er oft vegetabilische Stoffe enthält und durch seinen Gehalt an Feuchtigkeit bei zu frühem Verlegen der Dielen etwa vorhandene Schwammsporen zur Entwickelung bringen kann.

In neuerer Zeit werden als Ersatz der hölzernen Zwischenböden mit Auffüllung Gypsdielen (Fig. 50) und Spreutafeln verwendet, die aus einem Gemisch von Gyps und porösen, festbindenden Stoffen (Haaren, zerkleinertem Kork u. s. w.) bestehen und durch Einlagen von vegetabilischem Rohr versteift sind. Aus diesem Material lassen sich in kürzester Zeit sofort trockene, reinliche, leichte und feuersichere Zwischenböden herstellen, die schall- und wärmedicht sind und auch in hygienischer Beziehung allen Anforderungen genügen. Die hygroskopische Eigenschaft des Gypses erfordert aber zum Schutze gegen Durchnässung ebenfalls eine undurchlässige Einlage unter dem Fussboden. Als verwendbar für Zwischendecken mögen schliesslich noch die Bimssteincementdielen und die verhältnissmässig theueren Korksteine erwähnt werden.

---

[1]) Nussbaum, Hygienische Anforderungen an Zwischendecken. Gesundheits-Ingenieur 1886, Bd. IX, p. 679.

Aber auch das beste Füllmaterial wird, wie wir schon gesehen haben, Gefahren für das Gebäude nur dann ausschliessen, wenn weder während des Baues (Uriniren der Arbeiter) noch nach dem Beziehen desselben eine Verunreinigung und Durchfeuchtung von oben eintreten kann[1]).

Um zu verhindern, dass Staub, Strassenschmutz, namentlich aber das Putzwasser und mit diesem organische, fäulnisserregende Stoffe und Mikroorganismen in die Füllung gelangen, ist der Fussboden möglichst dicht herzustellen und am besten noch durch eine undurchlässige Schicht von Asphaltpappe von jener zu trennen. Bei dem inneren Ausbau der Schulzimmer kommen wir noch ausführlicher auf die Fussbodenconstruction zurück.

Massive Decken. Die Feuergefährlichkeit der Holzbalkendecken, die trotz aller Vorsicht bei der Construction nie völlig ausgeschlossene Möglichkeit von Fäulnissbildung, sowie die durch das Füllmaterial der Zwischendecken bedingten gesundheitlichen Gefahren haben in neuerer Zeit zu einer häufigen Anwendung von massiven Decken geführt.

Ihre Construction ist natürlich nur mittelst eiserner Träger möglich, die entweder senkrecht zu der Frontwand oder parallel zu ihr auf stärkeren Querträgern liegen.

Die Zwischenräume zwischen den Trägern werden mit flachen Backstein- oder Betonkappen geschlossen, welche je nach der Entfernung der Träger verschiedene Spannweite haben können. Die Zwickelausfüllungen stellt man vortheilhaft aus einem mageren, leichten Beton (Schlackenbeton) her. Auf diesem ruhen die Lagerhölzer des Fussbodens, oder letzterer wird direct auf dem Beton in Asphalt verlegt, eine Construction, welche den von der Hygiene geforderten, vollständig luft- und wasserdichten Abschluss der Decke bewirkt. Zur Schalldämpfung empfiehlt es sich namentlich bei Betondecken, welche vermöge ihrer grossen Dichte und Starrheit eine Geräuschbildung zu begünstigen scheinen, auf den Beton eine schwache Sandschicht zu bringen und auf diese erst die Lagerhölzer bezw. den Fussboden in Asphalt zu verlegen.

In Fig. 51 ist a die zwischen den eisernen I-Trägern eingespannte Betonkappe, b die Zwickelausfüllung von Schlackenbeton, c die Sandschicht, d d sind die Lagerhölzer, welche den Fussboden e tragen. Feuersicherheit, Schutz gegen das Auftreten des Hausschwammes,

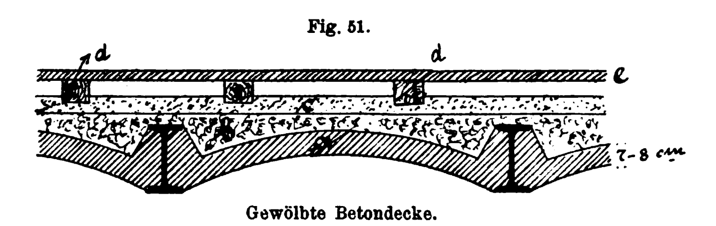
---

[1]) Grundzüge der Hygiene von Prausnitz. p. 203.

ausserordentlich grosse Tragfähigkeit und Raschheit der Ausführung sind die fast überall durchschlagenden Gründe für eine häufige Anwendung der Betondecken. Hierzu kommt noch als weiterer Vorzug, dass bei der im Vergleich zu Holzbalkendecken geringeren Constructionshöhe die Gesammthöhe des Gebäudes sich ermässigt, und dass daher unter Berücksichtigung der hierdurch erzielten Ersparniss die Betondecken sich kaum höher im Preise stellen als jene.

Schliesslich gestattet der Beton, nicht nur weitgespannte Kappen

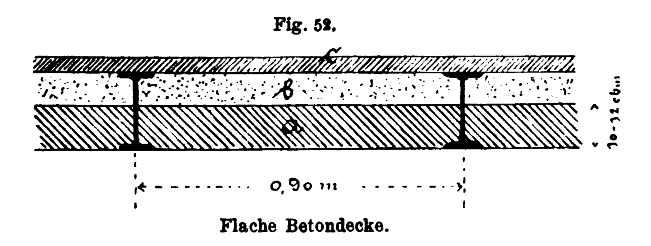
Fig. 51.



Gewölbte Betondecke.

mit ganz schwacher Wölbung und sehr geringer Scheitelstärke auszuführen, was bei Ziegelkappen nicht möglich ist, sondern auch gerade Kappen anzuwenden, die kein Gewölbe mehr, sondern nur Platten sind. Auf den Unterflanschen der in Abständen von etwa 80 bis 90 cm liegenden Träger ist (Fig. 52) die tragende Kiesbetonschicht a hergestellt und der verbleibende Theil der Höhe bis Oberkante der Träger mit leichtem Schlackenbeton b ausgefüllt. Auf diesem ruht

Fig. 52.



Flache Betondecke.

der in Asphalt verlegte Stabfussboden c. Statt des Betons b kann man auch eine Sandauffüllung wählen, in welche die Lagerhölzer für den Fussboden eingebettet werden, was günstig für die Schalldämpfung ist.

Durch Verwendung von Hohlgypsdielen an Stelle der Betonschicht a wird die im Uebrigen gleiche Construction leichter und daher billiger, schon weil die etwas schwächeren Träger bis auf 1,25 m Entfernung verlegt werden können.

Eine Decke, die aus eisernen Trägern und Hartgypsdielen

besteht, zeigt Fig. 53. Sie besteht aus 5—7 cm starken Hartgypsdielen, welche von Träger zu Träger auf die Unterflanschen gelegt werden und die Decke bilden; auf diese kommt längs der Träger je eine Hartgypsdiele zu liegen, auf welche wieder quer eine Lage Hartgypsdielen kommt wie unten.

Am einfachsten lässt sich auf den massiven Decken der Fussboden durch einen Belag von Linoleum herstellen, welches direct

Fig. 53.

Fussboden.
Wasserdichte Schicht.
Hartgypsdielen, 5 oder 7 cm stark.
Hartgypsdielen, veränderlich.
Hartgypsdielen, 5 oder 7 cm stark.
Putz.

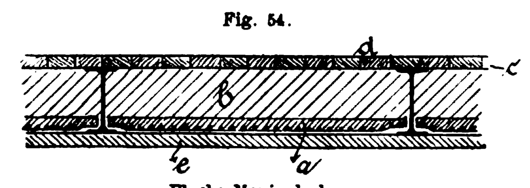
84 cm

Decke aus Eisenträgern mit Hartgypsdielen.

auf die glatt abgeschliffene Oberfläche des Betons mit einem anorganischen Klebestoff befestigt wird.

Die Betondecken sind billiger als die gewöhnlichen Holzbalkendecken, während solche mit Riemenfussboden in Asphalt sich etwas theurer stellen. Die Unterseite der Decke wird entweder zwischen den Trägern geputzt, so dass die Unterflanschen derselben sichtbar bleiben, oder der Putz greift auch über diese fort, indem längs der

Fig. 54.



Flache Monierdecke.
a Monierplatte, b leichter Beton, c Asphalt, d Fussboden, e Putz.

Träger Klötzchen einbetonirt werden, welche eine Berohrung tragen, oder indem man den Flansch mit einem Drahtgeflecht umhüllt. Nach dem Patent von Chocarne in Paris wird die Unterfläche des unteren Trägerflansches mit Rillen oder Nuthen versehen, in denen der Deckenputz ohne weitere Hilfsmittel haften soll[1]).

Auch in Monier-Construction unter theilweiser Mitbenutzung von Beton, Gypsdielen u. s. w. lassen sich gerade (Fig. 54) und gewölbte massive Decken herstellen, die durchaus feuersicher, wasserundurchlässig und bei geringem Gewicht ausserordentlich tragfähig sind.

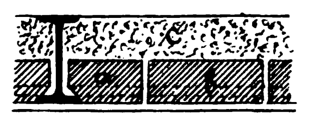
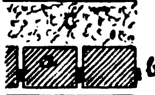
---

[1]) Baukunde des Architekten. p. 1137 ff.

Die Monier-Bauweise wird eine besonders vielseitige Verwendung finden können, weil bei den nach diesem System construirten Decken im Gegensatz zu den Betondecken durch die Eiseneinlagen auch bedeutende Zugspannungen aufgenommen werden.

Schliesslich wollen wir noch eine massive Deckenconstruction erwähnen, welche in neuester Zeit eine sehr grosse Verbreitung gefunden hat, die Decke nach dem System Kleine (Fig. 55). Sie ist schwammsicher, feuersicher, schalldicht und wärmehaltend, leicht und, obwohl durchweg massiv, nicht theurer als gewöhnliche Holzbalkendecken; sie bietet eine ebene Unterfläche, die ohne weitere Vorkehrungen mit Kalkputz versehen werden kann, und entspricht allen hygienischen Anforderungen. Das Wesentliche der Kleine'schen Decke ist die Herstellung einer tragfähigen, geraden Steinplatte aus hochkantig gestellten, mit Cementmörtel verbundenen Ziegeln a, in deren Fugen eingelegte, von Mörtel gut umhüllte Bandeisen b der Platte eine grosse Biegungsfestigkeit verleihen. Am besten

Fig. 55.

Kleine'sche Decke.

werden Schwemmsteine oder poröse Lochsteine verwendet, da sie bei äusserst geringem Gewicht schlechte Schall- und Wärmeleiter sind. Die Auffüllung c über der Platte erfolgt mit leichtem Schlackenbeton, welcher als Unterlage für Linoleum oder Holzfussboden in Asphalt dient, oder mit einem geeigneten losen Füllmaterial, in welchem die Fussbodenlager liegen. In letzterem Falle ist, um eine Verunreinigung der Füllung von oben zu verhüten, der Fussboden ebenso wie bei den Holzbalkendecken mit einer wasserdichten Einlage zu versehen, wodurch auch die Hellhörigkeit vermindert wird.

Der preussische Ministerialerlass vom 27. October 1884, betreffend Vorkehrungen zur Sicherstellung der Gebäude gegen Feuersgefahr, gestattet für Landschulgebäude mit ein bis zwei Klassen gestaakte und geputzte Balkendecken, während in allen übrigen Schulgebäuden das ganze Kellergeschoss, die Corridore, Eingangsflure und Treppenhäuser überwölbt werden sollen.

d) Treppen.

Die Treppen, welche die Verbindung zwischen den Geschossen eines Schulgebäudes herstellen, müssen so angeordnet werden, dass sie vom Eingang aus leicht auffindbar sind und dass die Kinder von den Klassenzimmern zu ihnen keine allzu weiten Wege zurückzulegen haben. Für kleine Schulen genügt eine Treppe, für grosse werden deren zwei oder mehrere erforderlich, damit die Kinder das Haus ohne Gedränge in einigen Minuten verlassen können.

Besonderes Gewicht ist auf eine gute directe Beleuchtung der Treppen zu legen. Oberlicht, dessen Verwendung bei eingebauten Grundstücken nothwendig werden kann und stets eine weiträumigere Gestaltung des Treppenhauses voraussetzt, sollte bei mehrgeschossigen Bauten möglichst vermieden werden.

Die Treppen müssen nicht nur ringsum von massiven Mauern umgeben und gegen den Dachboden feuersicher abgeschlossen sein, sondern auch durchaus fest und feuersicher hergestellt werden. Gewölbe der verschiedensten Art in Ziegel, Beton oder nach dem Monier-System, zwischen steigenden Gurtbögen oder eisernen Trägern eingespannt, Constructionen in Eisenwellblech und nach dem System Kleine, analog der vorhin beschriebenen Deckenbildung, dienen hauptsächlich zur Unterstützung der Podeste und Stufen. Als Material für die Stufen eignen sich am besten solche Steine, die sich wenig ausnutzen und nicht leicht glatt werden. Stufen aus Sandstein, der sich bald ausläuft und Staub verursacht, ebenso aus Beton, Kunststein und Ziegel erhalten einen mit Schrauben und Dübeln befestigten Belag aus Eichenholz, neuerdings auch aus Xylolith (Steinholz), oder sie werden mit Linoleum belegt. Der Belag gestattet ein bequemes Auswechseln, wenn er abgenutzt ist, und verhütet schwerere Beschädigungen der Kinder bei etwaigem Fall; ausserdem ist das Begehen angenehmer und sicherer und verursacht weniger Geräusch als Steinmaterial. Hausteinstufen können auch ohne Unterwölbung mit dem einen Ende in der Mauer befestigt, an dem äusseren Ende durch einen eisernen Träger unterstützt werden.

Granit ist trotz seiner sonstigen Vorzüge zu vermeiden[1]), da er bei einem Brande, der Stichflamme und dem kalten Spritzenstrahl ausgesetzt, springen kann, während Kunstsandstein sich unter der

[1]) Baukunde des Architekten. p. 1149.

Einwirkung des Feuers ausserordentlich bewährt hat. Die unter theilweiser Verwendung von Eisen, besonders aber die vollständig in Eisen hergestellten Treppen, die einen mit Schrauben befestigten Belag aus Eichenholz erhalten, können nur dann als feuersicher gelten, wenn die tragenden Wangen mit Eisendraht umflochten und stark mit Cement oder Gyps umputzt werden, und wenn die Unterseite der Stufen gleichfalls durch Drahtputz gegen den unmittelbaren Angriff des Feuers geschützt wird.

Der preussische Ministerialerlass vom 1. November 1892 schreibt die massive Ausführung der Haupttreppen vor und zwar thunlichst ohne Verwendung eiserner Träger, weil nicht umhülltes Eisen unter der Einwirkung der Stichflamme Formveränderungen, namentlich ein seitliches Durchbiegen, erleidet. In Sachsen werden für Schulgebäude nicht unter allen Umständen massive Treppen verlangt. Die VIII. Bezirksschule in Leipzig z. B. hat nur Treppen von Eichenholz, deren Läufe und Podeste nicht einmal an der Unterseite mit Rohrputz oder einer ähnlichen feuerfesten Bekleidung versehen sind.

Nebentreppen in grösseren Schulen dürfen, falls sie unterhalb verputzt sind, aus Holz hergestellt werden, ebenso wie die Treppen in Schulhäusern auf dem Lande, bei denen ein Klassenzimmer oder die Lehrerwohnung sich im ersten Stock befindet.

Am häufigsten findet die zweiarmige Treppe mit neben einander liegenden Läufen und durchgehendem Mittelpodest Anwendung; doch kommen sowohl ein- wie mehrarmige, namentlich dreiarmige Treppen vor. Die Treppe in dem mehrfach erwähnten Realgymnasium in Gera ist sogar fünfarmig. Als Regel ist aufzustellen, dass die Treppenläufe gerade und möglichst kurz angelegt und durch Podeste unterbrochen werden, deren Breite mindestens gleich der Breite des Treppenlaufes sein soll (Behnke).

Gewundene Treppen und Keilstufen sind im Interesse der Verkehrssicherheit stets zu vermeiden.

Die Mindestbreite der Treppenläufe ist in vielen Ländern gesetzlich bestimmt; sie beträgt in Preussen 1,30 m, in Sachsen 1,40 m, in Frankreich 1,50 m, in Wien 1,58 m, in München 1,80 m. Eine Mindestbreite von 1,50 m und für grössere Schulen eine Durchschnittsbreite von 2,00 m werden danach als angemessen zu bezeichnen sein. In England und Amerika sind grundsätzlich zahlreichere und schmälere Treppen (1,10—1,20 m) üblich, da kleinere Kinder hauptsächlich den seitlichen Anhalt längs der Wände bezw. des Geländers benutzen. In Preussen ist neuerdings die Mindestbreite der Treppen

durch Verordnung des Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 1. November 1892 bestimmt; nach ihr sind anzunehmen:

1. 70 cm Breite für je 100 Personen bis zu einer Gesammtzahl von 500;

2. weitere 50 cm Breite für je 100 Personen mehr in den Grenzen von 500—1000;

3. weitere 30 cm Breite für je 100 Personen mehr, sobald die Zahl 1000 überschritten wird.

Demnach würde die Mindestbreite der Treppen z. B. bei einer Gesammtzahl von 1000 Schülern $5 . 0{,}70 + 5 . 0{,}50 = 6{,}00$ m betragen müssen. Es werden, wie man sieht, in diesem Fall mehrere Treppen erforderlich. Dieselbe Verordnung verlangt daher auch bei einer Personenzahl von mehr als 300 „in der Regel" zwei, bei einer solchen von mehr als 800 drei gesonderte Treppen.

Bei Treppen, welche nur den Verkehr für Lehrerwohnungen vermitteln, genügt 1,10 m, bei Keller- und Dachbodentreppen 0,90 bis 1,00 m Breite (Bauinstruction der Regierung zu Breslau).

Das Steigungsverhältniss ist so bequem als möglich unter Rücksichtnahme auf die Körpergrösse der die Treppe vorzugsweise benutzenden Kinder zu wählen. Die Stufenhöhe sollte nicht mehr als 16 cm betragen. Die Stufenbreite ergiebt sich nach der Formel $2\,h + b = 63$ oder $\frac{4}{3}\,h + b = 52$ cm (Werth)[1], wobei h die Steigung und b die Breite des Auftritts ist.

Eine Steigung von 16 cm würde hiernach also eine Breite von 31 cm bedingen. In Preussen soll die Steigung höchstens 17 cm betragen; in München ist vorgeschrieben eine Tritthöhe von 15 und eine Trittbreite von 30 cm, in Baden von 12—15 bezw. 36 bis 40 cm.

Volle durchgehende Mittelwangen, die Klette[2]) grundsätzlich verlangt, werden, obgleich sie constructive Vortheile bieten und die Gefahr des Herabstürzens der Kinder beseitigen, meist vermieden, weil sowohl die Uebersichtlichkeit der Treppe, als auch die Beleuchtung der gewöhnlich hinter dem Treppenhause liegenden Corridore darunter leidet. Die Treppen müssen daher an der Aussenseite ein etwa 1,00 m hohes, vollkommen sicheres Geländer erhalten, dessen Stäbe höchstens 15 cm von einander entfernt sein dürfen, um ein Durchkriechen der Kinder zu verhüten, und dessen glatt polirte Handläufer aus hartem Holz in Entfernungen von 0,50 bis

---

[1]) Deutsche Bauzeitung 1886, p. 154.

[2]) A. a. O. p. 55.

1,00 m mit aufgeschraubten Knöpfen versehen werden, damit ein Herabrutschen der Kinder auf dem freien Geländer unmöglich ist.

Auch an der Wandseite sind in Höhe von etwa 0,80 m auf eisernen Stützen befestigte Handläufer nöthig, weil die kleinen Kinder mit Vorliebe an der Wand einen Stützpunkt suchen. Wird die Treppe von Schülern sehr verschiedener Altersstufen benutzt, so ist die Anbringung mehrerer Handläufer in verschiedenen Höhen wünschenswerth (Sächs. Schulgesetz). Im Allgemeinen wird es genügen, wenn unter dem normalen Handläufer sich ein zweiter in der Höhe von 50—60 cm befindet.

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass es sich empfiehlt, den unteren Theil der Treppenwände mit einem 1,00—1,50 m hohen Paneel aus Cementputz oder ähnlichem Material zu versehen, wenigstens aber alle freistehenden Ecken ebenso wie die Ecken in den Gängen bis 1,50 m Höhe durch abgerundete Eckeisen oder hölzerne Eckbekleidungen gegen Beschädigungen zu schützen.

Die Treppen, welche auf den Dachboden führen, müssen daselbst mit massiven Wänden umschlossen, überwölbt und mit einer eisernen Thür gegen den Dachboden verwahrt werden. Die Lichteinfallschächte etwa vorkommender Oberlichte bei Treppenhäusern müssen mit Wellblech oder sonst geeignetem Material derart ummantelt werden, dass ein im Dachboden entstehendes Feuer die Lichtschächte erst nach längerer Zeit erreichen und sich von da aus in tiefer liegende Gebäudetheile verbreiten kann (Preuss. Min.-Erl. v. 27. Oktober 1884).

e) Hauseingänge und Vorräume.

Die Eingangsthüren, für deren Anzahl und lichte Weite dieselben Bestimmungen wie für die Treppen maassgebend sind, befinden sich gewöhnlich an der der Strasse zugekehrten Hauptfront des Gebäudes, bei Doppelschulen jedoch auch getrennt für Knaben und Mädchen an den Giebelseiten.

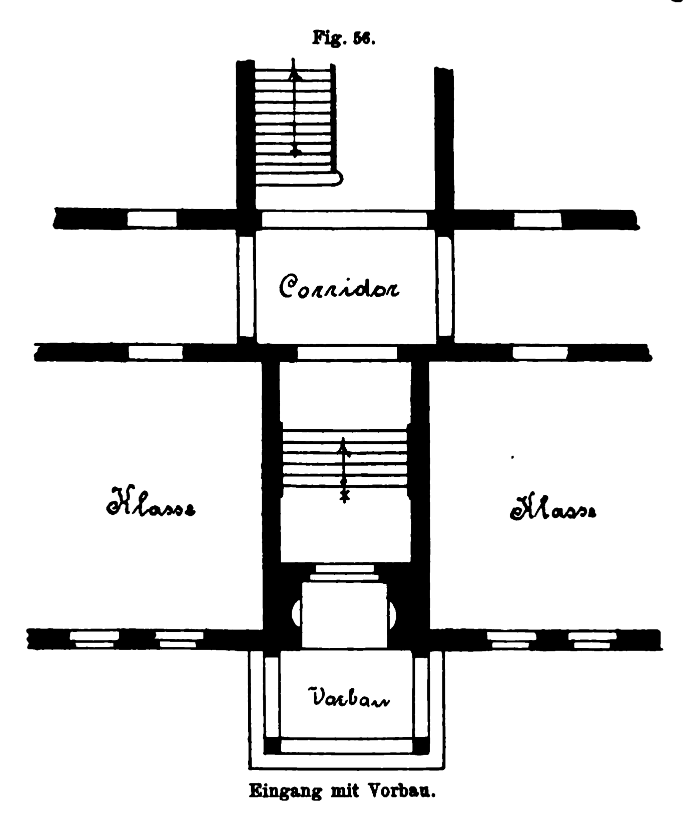
Nach der sächsischen Verordnung sollen grössere Schulhäuser mehrere Eingänge, womöglich von verschiedenen Strassen aus haben.

Freitreppen, die jedenfalls beiderseits mit einem soliden Geländer zu versehen sind, sollten möglichst ganz vermieden werden, und die Zahl der Freistufen vor dem Eingang ist thunlichst zu beschränken, weil die Kinder bei Schnee oder Glatteis leicht zu Falle kommen und sich beschädigen können. (Bauinstruction der Regierung zu Breslau.

— Bau und Einrichtung ländlicher Volksschulhäuser in Preussen). Wenn die Treppe nicht mehr als 3 Stufen hat, kann sie von drei Seiten her zugänglich gemacht werden (Sächsisches Schulgesetz). Sie ist, namentlich vor Beginn und Schluss des Unterrichts, von Schmutz und Schnee zu säubern und bei Winterglätte mit Sand zu bestreuen.

Die Freistufen dürfen nicht unmittelbar vor der Thür beginnen,

Fig. 56.



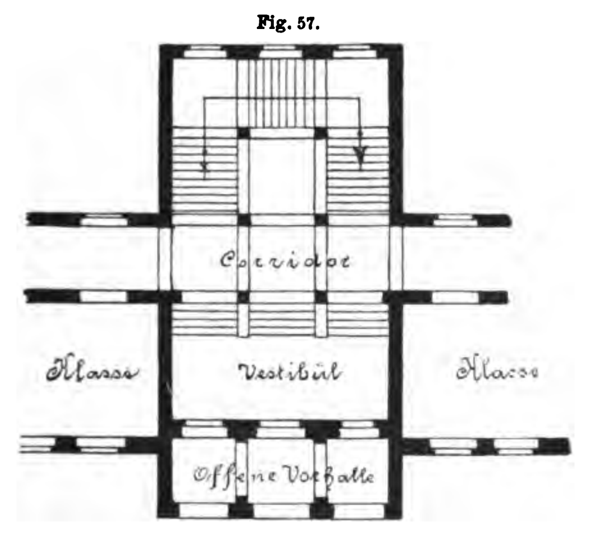
Eingang mit Vorbau.

sondern müssen auf einen freien und genügend breiten Vorplatz münden, dessen Anlage schon durch die Vorschrift bedingt ist, dass die Thürflügel stets nach aussen aufschlagen sollen. Um die äusseren Stufen gegen Regen und Schnee zu schützen, namentlich aber um zu verhüten, dass die Kinder, welche zu früh zur Schule kommen, allen Unbilden der Witterung preisgegeben vor der Thür warten müssen, ist es sehr wünschenswerth, die Hauseingänge mit Schutzdächern oder bedeckten Vorbauten zu versehen oder wenigstens die Hausthüren von der Fluchtlinie des Gebäudes

nach innen zu rücken, so dass eine tiefe Nische entsteht, in welche die Thür hineinschlägt (Fig. 56).

Mit Bezug hierauf schreibt die Verfügung der Regierung zu Trier vom 27. Mai 1865 vor: „Ganz besondere Rücksicht verdienen jene Kinder, welche weite Schulwege haben oder wohl gar aus entfernten Ortschaften erhitzt oder durchnässt zum Unterricht kommen müssen. Niemals darf diesen, namentlich aber nicht in der rauheren Jahreszeit, der sofortige Eintritt in den durchwärmten oder schützenden Schulsaal verwehrt oder gar zugemuthet werden, so lange draussen zu harren, bis der Lehrer etwa den Unterricht nach

Fig. 57.



Eingang mit Vorhalle und Vestibül.

seiner Uhr zu beginnen gedenkt. Mit Sicherheit ist anzunehmen, dass manche zarten Kinder ohne solche Vorsicht erkrankten, weil greller Temperaturwechsel, welchem sie ausgesetzt wurden, und längeres Sitzen auf kalten und feuchten oder allzu warmen Plätzen heftige und folgenschwere Erkältungen verursachten" [1]).

In umfangreichen Schulgebäuden werden oft geräumige, offene Vorhallen angelegt, die einer grösseren Anzahl von Kindern eine bequeme Unterkunft gewähren (Fig. 57).

Bei ländlichen Schulen mit 1—2 Klassen gelangt man durch die Hausthür direct in einen Flur, der den Zugang zu den Schulzimmern vermittelt, bei grösseren Schulhäusern dagegen meist zu-

[1]) Stiehl, Centralblatt der gesammten Unterrichtsverwaltung, 1865, p. 498.

nächst in einen Vorraum, der senkrecht in den Corridor einmündet. Dieser Vorraum erweitert sich entsprechend dem Umfang des Gebäudes häufig zu einer grösseren inneren Vorhalle, zu einem mehr oder weniger architektonisch ausgebildeten Vestibül. In ihm werden die Stufen angeordnet, welche erforderlich sind, um den bei Vorhandensein eines Kellers etwa 1,50 m über dem äusseren Boden liegenden Erdgeschoss-Fussboden zu erreichen, während bei kleinen nicht unterkellerten Schulhäusern die wenigen zur Ueberwindung des geringen Höhenunterschiedes von 50—60 cm nöthigen Stufen ausserhalb der Eingangsthür sich befinden.

Der Zugang zur Schule darf nicht, wie dies besonders in grossen Städten nicht selten geschieht (z. B. Dorotheenstädtisches Realgymnasium in Berlin), durch zugige Durchfahrten führen (Wehmer).

Ist ein Hausflur mit 2 Eingängen, nach der Strasse und dem Hofe, versehen, d. h. liegt die Hofthür der Hausthür gegenüber im Treppenhaus, ein sehr häufig vorkommender Fall, so ist ein innerer Abschluss (Windfang) zur Verhütung von Zugwind unerlässlich.

Ausser den erforderlichen Ausgängen nach dem Hofe und dem Spielplatz sind für etwaige Dienstwohnungen (Lehrer und Schuldiener) unbedingt gesonderte Eingänge vorzusehen, damit in besonderen Fällen, z. B. bei ansteckenden Krankheiten in der Familie des Lehrers, der Schulverkehr von dem Hausverkehr der Lehrerwohnung völlig gesondert werden kann („Erläuterungen“ v. 18. November 1887 II. 2.).

Bei kleinen ländlichen Schulen kann der Flur, welcher dem Schülerverkehr dient, auch als gewöhnlicher Zugang zur Lehrerwohnung benutzt werden, weil bei gemeinsamem Flur dem Lehrer die Aufsicht über die Ordnung beim Ein- und Ausgehen der Schüler erleichtert wird. Doch ist alsdann ein dem Wirthschaftsverkehr des Lehrers dienender Neben- oder Hinterflur mit einem besonderen Ausgange nach dem Hofe als erforderlich zu erachten.

Wenn es die örtlichen Verhältnisse als wünschenswerth erscheinen lassen, soll nahe dem Eingang ein Warteraum angelegt werden, wo einerseits Kinder, die zu früh zur Schule kommen, andererseits Personen, welche Kinder bei Unterrichtsschluss abholen, sich aufhalten können. Diesem Zwecke würden auch die offene Vorhalle und das Vestibül genügen.

Um das Einschleppen von Strassenschmutz, der die Hauptquelle des Schulstaubes bildet, zu verhüten, also im Interesse der in sani-

tärer Beziehung sehr wichtigen Reinhaltung des Schulhauses, sind am Eingange Vorrichtungen anzubringen, die eine Reinigung der Fussbekleidung ermöglichen, bevor die Kinder die Corridore und Treppen betreten.

Fusskratzeisen, welche aussen zur Seite des Einganges oder innerhalb desselben an den Seitenwänden 10 cm über dem Fussboden angebracht sind und aus möglichst langen Eisenstreifen mit darüber befindlicher Anhaltstange bestehen, sind nicht empfehlenswerth, weil sie erfahrungsmässig selten benutzt werden, dagegen zu Beschädigungen der Kinder Veranlassung bieten können. Den zweckmässigsten Fussreiniger bildet ein mit Scharnirbändern versehenes abhebbares Eisengitter, welches über einer zur Aufnahme des Schmutzes bestimmten Vertiefung im Boden liegt. Diese Vorrichtung wird gewöhnlich vor der Eingangsthür in der oben beschriebenen Vorhalle angebracht; wo diese fehlt, jedoch innerhalb des Hauses, da das Fussgitter bei Regen und Winterglätte leicht schlüpfrig wird. Hinter der Thür, vor der nach dem Erdgeschoss führenden Treppe, sind ausserdem noch einmal diese Eisengitter-Fussreiniger, Stahldraht-Fussmatten oder auch in einer entsprechenden Vertiefung des Bodens liegende Kokosmatten zur vollständigen Reinigung des Schuhzeuges erforderlich.

f) Flurgänge. Garderoben.

Die Gänge, welche den Zugang zu den einzelnen Klassenzimmern vermitteln, sollen hell, leicht zu lüften, aber zugfrei sein. Diese Bedingungen werden am besten durch eine einseitige Bebauung erfüllt, bei der die Gänge von der einen Längsseite directes Licht erhalten.

Zweiseitig bebaute Mittelgänge, welche durch Fenster an den Kopfenden und in den Treppenhäusern erhellt werden, sind für kleinere Schulgebäude als genügend zu erachten. Bei grösseren Anlagen erscheint es durchaus geboten, von einer vollständigen zweiseitigen Bebauung abzusehen und den Gängen wenigstens theilweise (s. S. 129 u. 130 XII. Realschule in Berlin; S. 114 VIII. Bezirksschule in Leipzig und S. 115 Gemeindeschule an der Bergmannstrasse in Berlin) eine directe Beleuchtung zu geben. Die in den Münchener grossen Volksschulen und in den älteren Berliner Gemeindeschulen angeordneten durchweg zweiseitig bebauten Gänge, die nur durch die an den Enden befindlichen Treppenhäuser und durch 2 m breite Oberlichtfenster in

den Garderoben bezw. durch matte Glasscheiben in den oberen Füllungen der Klassenthüren erhellt werden, dürften den Anforderungen in Bezug auf Beleuchtung und Lüftung nicht ausreichend entsprechen.

Die Mindestbreite der Gänge ist durch Verordnungen verschiedener Staaten bestimmt. In Frankreich soll sie 1,5 m betragen; in der Schweiz bei einseitiger Bebauung 2,70—3,00 m, bei zweiseitiger Bebauung 3,60—4,00 m. Bei Volksschulen begnügt man sich in Sachsen mit 1,70, in Baden mit 2,00 m; das Münchener Programm verlangt 2,50 m Breite. In Preussen wurden die Gänge früher bei zweiseitiger Bebauung 2,50 m, bei einseitiger Bebauung nur 2,25 m breit gemacht. Die jetzigen unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrssicherheit erlassenen preussischen Bestimmungen v. 1. November 1892, welche, wie oben erwähnt, auch für Ausgänge und Treppen maassgebend sind, verlangen entsprechend der Anzahl der im Gebäude verkehrenden Personen bedeutend grössere Abmessungen.

Nach den „Erläuterungen" ist in Preussen, selbst bei einfachen ländlichen Schulgebäuden, die Breite nie geringer als 2,50 m anzunehmen. Die neuesten Bestimmungen des Cultus-Ministeriums schreiben eine Mindestbreite von 2,00 m vor für den Fall, dass nur ein Schulzimmer an dem Flur liegt, von 2,50 m, wenn mehrere Schulzimmer auf ihn münden. In grösseren Schulen sollte die Breite der Flurgänge mindestens 2,80 bis 3,00 m und bei zweiseitiger Bebauung 3,50 m betragen; wenn die Gänge als Kleiderablagen dienen, muss die Breite aber noch reichlicher bemessen werden.

Auch die Länge der Gänge ist nicht etwa auf das für die Zugänglichkeit der Klassen erforderliche Maass einzuschränken, sondern so zu wählen, dass der Gesammtflächenraum genügt, um den Schülern bei schlechtem Wetter einen angemessenen Aufenthalt in den Zwischenstunden zu gewähren, eine Forderung, die besonders nothwendig erscheint, wenn für den genannten Zweck nicht bedeckte Gänge und Hallen oder die Turnhalle zur Verfügung stehen.

Die neueren Schulgebäude haben im Gegensatz zu den älteren Anlagen in der That meist räumlich sehr entwickelte Fluranlagen. Die Gangbreite in dem Realgymnasium zu Gera beträgt bei grösstentheils einseitiger Bebauung 3,50 m, in den Leipziger Schulen gewöhnlich 4,00 m; bei dem Thomasgymnasium daselbst ist sie sogar auf 4,80 m gesteigert. Auch in Berlin hat man den älteren, sehr compendiösen Typus, bei dem die Thüren einiger Schulzimmer bisweilen unmittelbar auf die Treppenpodeste münden (Doppelschulhaus in der Friedenstrasse), längst verlassen und ist zu gross-

räumigen Anlagen mit gewöhnlich einseitig bebauten Längsfluren übergegangen.

Beiderseits bebaute Mittelgänge, welche gleichzeitig die an den Kopfenden angeordneten Treppen aufnehmen und nur durch deren Fenster erhellt werden, erhalten jetzt ebenfalls eine grössere Breite als früher, die z. B. bei der Doppelschule am Tempelhofer Ufer in Berlin 4,25 m beträgt.

Eine eigenthümliche, von dem Ueblichen vollständig abweichende Anlage zeigen einige Strassburger Schulen[1]), indem die Flurgänge gänzlich fehlen und die Ausgänge der Schulzimmer unmittelbar auf die Podeste der zwischen je 2 Klassen angelegten Treppen münden.

Die Wände der Flurgänge sind unter Vermeidung von vorspringenden Pilastern möglichst glatt zu lassen, etwaige Gurtbögen der Gewölbedecken in Kämpferhöhe auszukragen oder auf kleine Gesimse zu setzen. Jedenfalls müssen alle freistehenden Ecken durch hölzerne oder eiserne Bekleidungen geschützt werden. Empfehlenswerth ist es, den unteren Teil der Wände mit einem harten Putz aus Cement oder anderem Material (Stuckmarmor, Heliolith) oder wenigstens mit einem Oelfarbenanstrich zu versehen. Die Wände, welche zum Unterbringen der Garderobe dienen, werden, um eine Durchfeuchtung seitens nasser Kleidungsstücke zu verhüten, bis auf etwa 2 m Höhe mit Oelfarbe, Emaillefarbe etc., im Uebrigen wie die Decken mit Leimfarbe in lichten Tönen gestrichen.

Die Thüren der Schulklassen müssen nach aussen aufschlagen und dürfen zur Vermeidung einer Begegnung von Menschenströmen nicht einander gegenüber liegen.

Während nach den preussischen Bestimmungen nur in Schulhäusern auf dem Lande und in kleineren Städten die Decken auch über den Verkehrsräumen in Holz hergestellt werden dürfen, werden in Sachsen sogar die Gänge der grossen Volksschulen bisweilen nur mit unterhalb verputzten Balkendecken versehen, wie z. B. in Leipzig. Im Hinblick auf die Feuersicherheit ist aber eine massive Ueberdeckung der Gänge durchaus geboten, entweder mit Gewölben in Backstein oder Cementbeton, oder mit ebenen Constructionen nach den Systemen Monier, Kleine etc., welche wir schon früher besprochen haben.

Ein weiterer Vorzug der massiven Decke liegt in der Möglich-

---

[1]) Strassburg und seine Bauten. p. 511—513.



keit, einen harten Bodenbelag ausführen zu können, der im Vergleich zu den Holzfussböden nicht nur eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung besitzt, sondern auch eine Reinigung durch Wasserspülung gestattet.

Der auf einer Unterlage von Beton oder Ziegeln ruhende Bodenbelag, der fest, aber nicht so glatt sein darf, dass ein Ausgleiten möglich ist, wird hergestellt aus sorgfältig in Cement zu verlegenden harten Steinplatten (Granit, Kalkstein, Basaltlava etc.) oder aus gebrannten Thonfliesen (Mettlacher Platten), aus Cementfliesen oder aus Terrazzo. Letzterer bekommt jedoch bei nicht sachgemässer Ausführung oft Risse und kann in Folge des Oelens auch wohl zu glatt werden.

Cement- und Asphaltestrich sind weniger zweckmässig; dagegen hat sich ein Belag aus Linoleum auf Cementestrich gut bewährt. Giebt man der Verminderung des Geräusches halber einem Holzfussboden den Vorzug, so müssen eichene, mit Leinöl getränkte Riemen unmittelbar auf die Gewölbeabgleichungen in Asphalt verlegt werden. Neuerdings findet auch Xylolith (Steinholz), auf Beton- oder Ziegelpflaster in Asphalt oder Cementmörtel verlegt, vielfache Verwendung. Dieses äusserst zähe, feste und dichte, aus Sägespähnen und Mineralien unter hohem Druck hergestellte Material, welches nach den Angaben des Erfinders einer sehr geringen Abnutzung unterworfen ist, nur sehr wenig Wasser aufnimmt und andauernder Feuchtigkeit bezw. Nässeeinwirkung ausgesetzt werden kann, ohne in Fäulniss überzugehen, dürfte in der That als Bodenbelag in den Gängen sehr geeignet sein, zumal es angenehm und sicher zu begehen ist.

Alle Uebelstände, welche Holzbalkendecken in hygienischer Beziehung für das Gebäude mit sich bringen, werden in den Flurgängen natürlich in verstärktem Maasse sich geltend machen wegen der grossen hier auftretenden Feuchtigkeit, die theils von aussen hineingetragen wird, theils von dem Spritzwasser an den Ausgussbecken und von den nassen Kleidungsstücken herrührt. Im Uebrigen verweisen wir auf die Ausführungen über Fussboden, Wände, Anstrich u. s. w. bei dem Abschnitt: Schulzimmer, die für die Flurgänge und Garderoben sinngemässe Anwendung finden.

Da die im Schulzimmer selbst abgelegten Ueberkleider durch ihre Ausdünstungen, namentlich bei nassem Wetter, die Luft verschlechtern, die Reflexbeleuchtung der Wände durch Verdunkelung schädigen und den Raum beengen, so ist ihre Unterbringung ausserhalb der Klassen unbedingt geboten.

Für diesen Zweck können ein oder mehrere besondere Räume vorgesehen oder, wie es in den meisten Fällen geschieht, die Corridore verwendet werden.

Besondere Kleiderräume, welche sich in deutschen Schulen im Allgemeinen selten vorfinden, haben allerdings den Vorzug, dass sie leicht unter Verschluss und Aufsicht gehalten werden können, und dass in ihnen auch ein Wechsel des nassen Schuhwerkes sich bequem bewirken lässt; sie vergrössern aber die bebaute Grundfläche und erhöhen dadurch die Baukosten nicht unerheblich. Ihre Anordnung erfolgt derart, dass entweder in der Nähe des Haupteinganges, bei grossen Schulen wohl zweckmässig in jedem Geschoss, ein grosser Raum für alle Kinder gemeinsam vorgesehen wird, oder dass jede Klasse eine besondere Kleiderablage erhält.

Die erste Einrichtung, gewöhnlich mit den bedeckten Höfen verbunden, ist besonders in englischen und französischen Schulen gebräuchlich; bei der zweiten Anlage befindet sich neben jedem Schulzimmer senkrecht zur Flurrichtung oder auch parallel zu derselben eine besondere kleine Garderobe, deren Breite in Münchener Schulen 2,00 m beträgt.

Es ist wünschenswerth, dass die Kinder direct vom Flurgang jene betreten können und erst, nachdem sie die Ueberkleider, Schirme etc. abgelegt, in die Klasse gelangen. Im Gegensatz hierzu bestimmt das Münchener Programm ausdrücklich, dass die Garderobe nicht vom Corridor aus erreicht wird, sondern nur durch eine Thür in der dem Katheder gegenüberstehenden Zwischenmauer mit dem Schulsaal in Verbindung steht, wodurch der mit der Anlage besonderer Kleiderablagen verbundene Uebelstand des Zusammendrängens der Kinder bei Schulschluss und der Behinderung in der freien Bewegung unzweifelhaft vergrössert wird. Dazu kommt noch, dass bei dieser Anordnung die Kinder mit den Ueberkleidern erst die Schulzimmer betreten müssen, ehe sie in den Garderobenraum gelangen, wodurch, besonders bei nassem Wetter, der Vorteil der getrennten Kleiderablage theilweise illusorisch wird.

Gestatten die räumlichen Verhältnisse nicht die Anlage besonderer Garderobenräume, so werden zwecks Unterbringung der Ueberkleider auf den Corridoren schmiedeeiserne Kleiderhaken in durchlaufenden Reihen für jede Klasse an den Wänden in einer Höhe von 1,10—1,60 m, je nach der Grösse der Kinder, angebracht und zwar in der Weise, dass die Kleider nicht unmittelbar an der Wand hängen; eventuell kann auch dicht unter den Kleiderhaken eine Längsstange

angebracht werden, um die Kleider von der Wand abzuhalten, damit einestheils letztere nicht von den etwa nassen Kleidungsstücken durchfeuchtet werde, anderentheils diese während der Unterrichtszeit ordentlich trocknen. Unter den Haken stehen bewegliche Schirmständer mit Zinkrinnen zur Aufnahme des Tropfwassers. Die von Klette[1]) vorgeschlagene Anbringung eines Bordbrettes, auf welches die Kopfbedeckungen gelegt werden, und an dessen Unterseite Haken zum Aufhängen der Kleider eingeschraubt sind, während die Schirme vorn aufgehakt oder in Schlitze eingehängt werden sollen, dürfte wohl kaum als zweckmässig angesehen werden können. Bei besonders breiten Corridoren kann auch ein Theil desselben als Garderobenraum eingerichtet werden. So ist in einer Volksschule zu Frankfurt a. M. der 6 m breite Corridor in seiner Längsrichtung halbirt, und während die dem Klassenzimmer zunächst liegende Hälfte zur Communication bestimmt ist, dient die andere an der Fensterwand liegende Hälfte als Kleiderablage. Die Anlage eines solchen Doppelcorridores erfordert vor Allem eine hohe Lage und besondere Grösse der Corridorfenster, um den freibleibenden Corridortheil an der Lehrzimmerseite nicht zu verdunkeln (Hinträger). Zur Erreichung der nöthigen Wandflächen werden senkrecht zur Längswand des Corridors stehende Garderobenwände in Abständen von ungefähr 1,25 m aufgestellt.

Lang[2]) macht den gewiss zu beherzigenden Vorschlag, dass namentlich in kleineren Städten und Dörfern besonders solcher Gegenden, welche einen fruchtbaren und fetten, dem Schuhwerk festanhaftenden Boden haben, den Schulkindern Gelegenheit geboten werden möge, sich des feuchten Schuhwerkes für die Zeit des Unterrichts gänzlich zu entledigen; zu diesem Zwecke empfiehlt er, auf dem geräumigen Hausflur etwa an der Wand neben der betreffenden Klassenthür ein möglichst langes, mit Nummern versehenes Brett anzubringen, wo jedes Kind besonderes, für den Klassenbesuch bestimmtes Schuhwerk stehen hat, um dasselbe gegen das beschmutzte und feuchte Schuhwerk umzutauschen. Für Kinder, welche über Feld kommen, wird diese Einrichtung sogar ein dringendes Postulat der Hygiene sein, und es wird darauf zu halten sein, dass die Eltern die Kinder, von welchen sie den Schulbesuch verlangen, mit dem nöthigen Schuhwerk versehen; in besonders armen Gegenden und gegenüber besonders armen Familien wird

[1]) A. a. O. p. 94.
[2]) A. a. O. p. 19.

nach dieser Richtung die Gemeinde und eventuell der Staat helfend eintreten müssen; es ist dies die Rückseite der Verpflichtung der Zwangsschule, welcher sich der Staat nicht wird entziehen können.

Wehmer[1]) empfiehlt ausserdem die Mitnahme eines zweiten Paares Strümpfe, das in der Schule verbleibt, um gegen etwa durchnässte Strümpfe ausgewechselt zu werden.

Während in französischen und englischen Schulen häufig Wascheinrichtungen vorgesehen sind, welche ihren Platz in den Kleiderablagen oder in besonderen Räumen erhalten, fängt man jetzt auch in Deutschland an, dieser im Interesse der Reinlichkeit höchst wichtigen Frage (namentlich in Orten und Stadttheilen mit armer Bevölkerung) eine grössere Aufmerksamkeit zuzuwenden; von hygienischer Seite kann die Errichtung derartiger Wascheinrichtungen nur dringend empfohlen werden.

g) Dach.

Das Dach soll das Schulhaus wie jedes andere Gebäude gegen Regen und Schnee, dann aber auch gegen eine zu starke Erwärmung im Sommer bezw. Abkühlung im Winter schützen. Es muss daher eine hohe Wärmecapacität, aber ein geringes Wärmeleitungsvermögen besitzen.

Es hat ausserdem aber noch die sehr wichtige Aufgabe, zur Ventilation, zur Durchlüftung des Hauses zu dienen. So lange das Haus und die Räume darin wärmer als die äussere Luft sind, was während der längsten Zeit des Jahres der Fall ist, wird in dem Hause eine von unten nach oben gehende Luftbewegung stattfinden, deren Stärke von der geringeren oder grösseren Durchlässigkeit der Zwischendecken abhängt. Die Luft wird daher bei durchgängigen Decken in den oberen Stockwerken stets mehr Kohlensäure und Wasser enthalten als in den unteren. Diese unter dem Dach sich ansammelnden Verunreinigungen der Luft müssen entweder durch das Eindeckungsmaterial selbst nach aussen befördert werden, wobei die Fugen eine grössere Rolle spielen als die Poren, oder es wird bei dichtschliessenden Eindeckungen eine besondere Ventilation des Dachbodenraumes nothwendig.

Die Verwendung weicher Deckungsmaterialien ist wegen der Feuersgefahr und des grossen Reparaturbedürfnisses nicht gestattet,

[1]) A. a. O. p. 52.

obgleich z. B. Strohdächer als sehr schlechte Wärmeleiter einen vortrefflichen Schutz gegen Temperatureinflüsse gewähren und daher früher auf dem Lande vielfach verwendet wurden. Zur Eindeckung der Dächer ist vielmehr ein feuersicheres und wetterbeständiges Material zu verwenden, welches nach den örtlichen Gewohnheiten verschieden sein wird.

Nach den preussischen Bestimmungen soll demjenigen Material der Vorzug gegeben werden, welches sich in der betreffenden Gegend bereits seit längerer Zeit bewährt hat und zu dessen Eindeckung sachkundige Handwerker zur Verfügung stehen [1]). Die gebräuchlichsten Deckungsmaterialien sind Dachziegel (Flachziegel oder Biberschwänze und Falzziegel), Schiefer (deutscher und englischer) und Holzcement; auch Cementplatten und Dachpappe werden verwendet, letztere zumeist auf dem Lande, in Städten dagegen wohl nur bei provisorischen Bauten (Schulbaracken). Metalldeckungen (Kupfer, Zink, Eisen) haben den Vorzug, dass sie sich ohne oder mit wenigen durchaus dichten Fugen herstellen lassen, dass sie eine grosse Haltbarkeit besitzen und daher nur selten einer Ausbesserung bedürfen; ihre Verwendung ist aber nicht so häufig wie die der Ziegel- und Schieferdeckungen, weil diese Metalle zum Theil kostspielig sind, dann aber auch, weil sie wegen der guten Wärmeleitungsfähigkeit jeden Temperaturwechsel auf die im Dachraum befindliche Luft übertragen und die Bildung von Schwitzwasser veranlassen. Durch Herstellung vollkommen geschlossener Luftschichten, sowie durch Isolirung mit schlechten Wärmeleitern, wie Gypsdielen, Korksteinen etc., lassen sich jedoch die erwähnten Uebelstände beseitigen, was besonders nothwendig wird, wenn das Dach zugleich die Decke der Schulzimmer bildet. In neuerer Zeit werden auch Platten aus emaillirtem Eisenblech verwendet, ein Material, das sich in jeder beliebigen Färbung herstellen lässt und das bei seiner Unempfindlichkeit gegen thermische Einflüsse geeignet ist, die Einwirkungen starker Sonnenbestrahlung unschädlich zu machen.

Je steiler das Dach ist, einen desto besseren Schutz wird es im Allgemeinen gegen alle Witterungseinflüsse gewähren, weil das Wasser rasch abfliesst und das Deckungsmaterial schneller trocknet. Die Rücksicht auf die Dichtheit der Dächer erfordert bestimmte Neigungen, die nicht unterschritten werden dürfen, und die je nach dem Material verschieden sind. Während die Neigung unter Zugrundelegung eines

---

[1]) Bestimmungen über die Bauart der von der Staatsbauverwaltung auszuführenden Gebäude vom 1. November 1892.

Satteldaches für Ziegeldächer etwa 1 : 3 bis 1 : 5 betragen soll, genügt für Holzcementdächer schon eine solche von 1 : 20 bis 1 : 40.

Anstatt sich durch die Wahl eines bestimmten Deckungsmaterials in Bezug auf die von ihm abhängige Dachneigung zu binden, wird man wohl in den meisten Fällen sich aus ästhetischen Gründen für eine dem Charakter des Gebäudes entsprechende Form des Daches (flach oder steil, Sattel- oder Walmdach etc.) entscheiden und dementsprechende Deckungsart anwenden.

Abgesehen von ländlichen Schulgebäuden, deren Dachgeschoss meist zu Lehrerwohnungen ausgebaut wird (für welchen Zweck das Mansardendach besonders geeignet ist), bietet sich für die Bodenräume eines Schulhauses gewöhnlich keine passende Verwendung.

In selteneren Fällen finden dort Sammlungs- und Bibliotheksräume, sowie Zeichensäle ihren Platz, zu deren Erhellung alsdann meist Oberlicht benützt wird.

Wenn man auf eine für die Erscheinung des Gebäudes allerdings wichtige, charakteristische Gestaltung des Daches kein Gewicht legt, so dürfte aus ökonomischen Gründen ein flaches Dach einem steileren vorzuziehen sein. Wie für den gänzlichen Wegfall der Unterkellerung des Schulhauses, so tritt Klette[1]) auch für möglichste Einschränkung des Dachbodenraumes ein und empfiehlt als besonders zweckmässig das Holzcementdach. Es ist ausserordentlich widerstandsfähig gegen alle Witterungseinflüsse, kann sowohl auf massiver Unterlage, wie auf Bretterschalung ausgeführt werden und schützt in Folge seiner schlechten Wärmeleitungsfähigkeit die darunter liegenden Räume sehr gut gegen Hitze und Kälte. Nach den preussischen Bestimmungen über den Bau ländlicher Volksschulhäuser soll aber zwischen der Balkendecke und der Dachschalung stets ein zugänglicher Raum hergestellt werden.

In Londoner und New-Yorker Volksschulen ist das flache Dach oft als Spielplatz eingerichtet.

Im Interesse der Feuersicherheit wird, wenn das oberste Geschoss keine massive Decke hat, die Dachbalkenlage mit einem Gypsestrich auf einer dünnen Sandschüttung versehen.

Das Hauptgesims wird in der Regel wie das Schulhaus selbst massiv hergestellt, entweder mit Ziegeln, deren Verwendung nur eine mässige Ausladung gestattet, oder aus Haustein.

In Städten dürfen die Dächer nur dann überhängend construirt

---

[1]) A. a. O. p. 42.

werden, wenn das Gebäude völlig frei steht und von anderen Häusern oder Nachbargrenzen mindestens 20 m entfernt liegt (Minist.-Bestimmung vom 1. November 1892). Auf dem Lande und im Gebirge dagegen sind überstehende Dächer wegen des guten Wetterschutzes, den sie gewähren, und wegen der ansprechenden Erscheinung in der Regel da zu wählen, wo nicht die Uebertragung eines Brandes oder die Gefährdung durch Sturm besonders zu befürchten ist [1]).

Rinnen. Bei überstehenden Dächern sind auf dem Lande Dachrinnen und Abfallrohre meistens entbehrlich; sonst werden sie als „flache Rinnen" mittelst Rinneisen vor den Sparrenköpfen aufgehängt, bisweilen auch auf die Deckung gelegt [2]). Massive Gesimse, die mit Zink sorgfältig abzudecken sind, damit keine Feuchtigkeit von oben in die Mauern eindringen kann, erhalten stets Rinnen, meist in Kastenform. Sie müssen genügend gross sein, um das von den Dachflächen ablaufende Wasser aufnehmen zu können, und so construirt werden, dass Beschädigungen in Folge starker Temperaturwechsel, durch Sturm, Verstopfungen oder Unvorsichtigkeit der Dacharbeiter möglichst ausgeschlossen sind.

Um ein Zurücktreten des Wassers aus der Rinne nach der Dachseite und Beschädigungen durch abrutschenden Schnee zu verhüten, falls keine Schneefänge angeordnet sind, muss die Vorderkante der Rinne etwas tiefer liegen als die verlängerte Dachneigung.

Ohne auf constructive Einzelheiten weiter einzugehen, wollen wir nur noch auf die von dem preussischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten unter dem 31. März 1887 erlassenen „Normalbestimmungen für die Construction von Dachrinnen" und ein diesen beigegebenes Heft mit 6 Blatt „Musterrinnen" hinweisen, welche allerdings manchen Widerspruch hervorgerufen haben.

Abfallrohre. Die aus Zink hergestellten und mittelst Schelleisen befestigten Abfallrohre werden am besten nicht in Schlitze, sondern frei auf die Aussenwände gelegt. Die unteren Enden bestehen fast stets, namentlich wenn sie an eine vorhandene Canalisation anschliessen, aus asphaltirtem Gusseisen. Die Abfallrohre müssen einen ausreichenden Querschnitt erhalten und durch einen Einlaufstutzen sehr sorgfältig mit der Rinne verbunden werden. Um Verstopfungen durch Laub etc. zu verhüten, ist es empfehlenswerth,

---

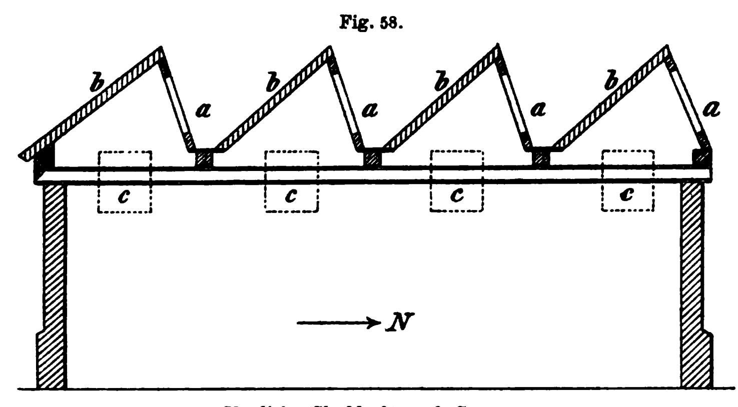
[1]) Bau und Einrichtung ländlicher Volksschulhäuser in Preussen. p. 7.
[2]) Baukunde des Architekten. I, 1, p. 526 ff.

über den Mündungsstutzen Verschlusskörbe aus starkem verzinktem Messing- oder Eisendraht anzubringen.

Oberlicht. Von Gross[1]) ist der Vorschlag gemacht worden, in solchen Schulen, welche nur einstöckig gebaut sind, insbesondere also in kleineren Städten, das Dach sägeförmig zu gestalten (Sheddach), so zwar, dass die eine Seite aus Glas besteht und Oberlicht in das Schulzimmer fallen lässt. Die Fensterseite des Daches muss steiler angelegt sein als die andere mit Zink, Schiefer etc. gedeckte, um der Anlagerung von Schnee vorzubeugen.

Fig. 58 zeigt ein mit einem schmiedeeisernen Sheddach bedecktes Schulzimmer nach Gross. aa sind die verglasten, bb die geschlossenen Flächen, cc mit Jalousien versehene Ventilations-

Fig. 58.



Oberlicht (Sheddach) nach Gross.

öffnungen für den Sommer. Im Winter muss die Ventilation durch künstliche Luftzufuhr bewirkt werden.

Die Erfahrungen, welche mit dieser Art der Bedeckung in Bildergallerien und Werkstätten gemacht sind, zeigen, dass die Beleuchtung der Räume reichlich genug ist, wozu als weitere Vortheile die Unabhängigkeit der Zimmer von der Himmelsgegend und der Fortfall der kalten, zugigen Fensterwand kommen. Oberlicht erfordert aber einstöckige Schulhäuser und verursacht, namentlich in den Grossstädten, bedeutende Kosten beim Schulhausbau. Ueberdies müssten Vorkehrungen getroffen werden, welche im Sommer die directe Sonnenbestrahlung der Dächer und damit die zu grosse Erwärmung der Zimmer verhindern, während im Winter stattfindender Schneefall die

[1]) A. a. O. p. 40.

Zimmer verdunkeln und viele Reinigungsarbeiten verursachen würde. Auch hat die zur Verhinderung des Durchregnens nothwendige völlige Dichtung des Sheddaches grosse Schwierigkeiten. Sodann ist zu beachten, dass bei Anlage von Oberlicht Seitenfenster zu vermeiden sind, weil sonst verschiedenes, die Augen belästigendes Licht geboten wird. Räume ohne Seitenfenster, so dass kaum ein Stück des Himmels und von der umgebenden Natur gar nichts gesehen werden kann, sind aber für Kinder durchaus nicht empfehlenswerth. So ist also Oberlicht für alle Schulklassen zu beschaffen unmöglich und wäre auch aus Rücksicht auf die Schüler nicht wünschenswerth. Dagegen ist der Vorschlag wohl zu beachten, einige Zimmer im Schulhause mit Oberlicht zu versehen. Diese können dann für diejenigen Unterrichtsstunden benützt werden, in denen besonders ein ruhiges Licht erwünscht ist, z. B. bei Handarbeiten, Zeichnen u. s. w. Solche Zimmer lassen sicht aber leicht im obersten Stockwerke jedes Schulhauses anlegen. Wären dieselben wegen Schneefalles etc. zeitweise nicht benützbar, so würde man sich in solcher Zeit anderweitig zu behelfen haben. Bei alledem erkennt man doch, dass die Verwendung von Oberlicht unter allen Umständen Schwierigkeiten und Belästigungen macht.

h) Austrocknen des Baues.

Die Mauern eines jeden im Rohbau vollendeten Hauses werden einen bald geringeren, bald grösseren Grad von Feuchtigkeit besitzen. Diese ist zunächst eine Folge der Einwirkung des Regens, dem die Mauern während des Baues ausgesetzt sind, einer fehlenden oder mangelhaften Abdeckung des offenen Baues während des Winters und einer unvorsichtigen oder böswilligen Benützung der provisorischen Wasserleitung.

Selbst nach erfolgter Eindeckung des Daches kann eine stellenweise Durchnässung der Aussenmauern eintreten, wenn nicht sofort wenigstens für eine provisorische Abdeckung des Gesimses und für Ableitung des Regenwassers gesorgt wird. Emmerich[1]) empfiehlt zum Schutze des ganzen Baues oder einzelner Mauern gegen Regen und Schnee, namentlich an der Wetterseite, solange das Dach noch nicht geschlossen ist, die Verwendung der in England gebräuchlichen Tarpanlins (Theertücher).

[1]) Emmerich, Die Wohnung, in: Pettenkofer und Ziemssen, Handbuch der Hygiene etc. p. 496.

Mehr jedoch als durch die erwähnten Einflüsse ist die Feuchtigkeit der Mauern bedingt durch andere Factoren, nämlich durch die Porosität der Baumaterialien, durch die Feuchtigkeit des Baugrundes und durch die Art des Bauens.

Die Poren, welche der Luft den Durchgang gestatten, gewähren ihn ebenfalls, wenn auch schwieriger, dem Wasser, und so ist die Möglichkeit gegeben, dass die Wände unserer Wohngebäude sich mit Wasser imprägniren. Wie sehr übrigens das Material sich nach dieser Richtung hin unterscheidet, zeigen die bei dem Capitel: Massivbau S. 156 ff. mitgetheilten Ergebnisse, auf die hiermit verwiesen wird. Gegen die Feuchtigkeit des Baugrundes, die bei der Fundamentirung des Gebäudes besprochen ist, können wir uns, wie auch S. 146 ausgeführt wurde, durch eine sorgfältige Isolirung schützen; letztere vermag auch selbst stark hygroskopisches Baumaterial vor der schlimmsten Ursache der Durchnässung von unten her zu bewahren.

Die letzte, aber nicht am wenigsten wichtige Quelle der Feuchtigkeit liegt in unserer Methode des Bauens überhaupt, nämlich darin, dass zum Anmachen des Mörtels und zum Nässen der Steine eine grosse Menge Wasser verbraucht wird. Das Nässen der Steine ist nothwendig, weil der Mörtel die zu seiner Erhärtung erforderliche Kohlensäure nur dann in genügender Menge aufnimmt, wenn er eine gewisse Zeit hindurch eine ausreichende Feuchtigkeit behält. v. Pettenkofer hat nachgewiesen, dass gut gebrannte Ziegel beim Nässen und Eintauchen mindestens 5 % ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen. Da die zum Anmachen des Mörtels verwendete Wassermenge wenigstens ebenso gross ist, so würden für den Bau eines mittelgrossen Hauses bei einem Bedarf von 200 000 Ziegeln ca. 100 000 l Wasser erforderlich sein, welche zum allergrössten Theile entfernt werden müssen, ehe der Neubau ohne Schaden für die Gesundheit bezogen werden kann, und v. Pettenkofer weist darauf hin, dass man, da die Entfernung einzig auf dem Wege der Verdunstung stattfinden könne, auf dem kürzesten Wege zur Austrocknung gelangt, indem man in reichlicher Menge einen warmen Luftstrom über die feuchten Wände hinschickt; die erwärmte Luft nimmt alsdann bei ihrem höher gestellten Sättigungspunkt reichliche Mengen Wasser auf, und zwar um so mehr, je höher erwärmt und je weniger von Wasserdampf gesättigt sie mit den Wänden in Berührung kommt. Dass übrigens anscheinend trockene Wände beim Bewohnen wieder feucht werden können, führt v. Pettenkofer nicht, wie sonst die Chemiker annahmen, darauf zurück, dass das

Hydratwasser aus dem Kalk des Mörtels frei wird, wenn dasselbe sich mit der in der Athmungsluft der Menschen enthaltenen Kohlensäure zu kohlensaurem Kalk verbindet, sondern er erklärt das Auftreten nasser Flecke einfach daraus, dass die von den Menschen entwickelte Wasserdampfmenge sich auf den kalten Wänden tropfbar niederschlägt, da die Wand ja in dem Grade undurchlässig wird, als ihre Steine mit Wasser gefüllt sind. Die Gefährlichkeit des Bewohnens der Neubauten ist bekannt; in ihnen entwickelt sich zunächst die ganze Gruppe der Erkältungskrankheiten, vom Bronchialkatarrh und Rheumatismus angefangen, bis zu den schwersten Formen chronisch entzündlicher Processe, welche an allen Theilen des menschlichen Körpers vorkommen können. Sprichwörtlich ist das Elend jenes niedersten Proletariats, der sogenannten Trockenwohner, welche neben dem Mangel an geeigneten Nahrungsmitteln auf Kosten ihres Lebens und ihrer Gesundheit die Last tragen, die anscheinend billigen Wohnungen der feuchten Neubauten mit ihren eigenen Leibern trocken zu heizen; so wenig wirthschaftlich geschult sind die niederen Volksklassen, dass sie das einfachste aller Rechenexempel nicht durchrechnen können, nach welchem die Gesundheit ein edleres Gut ist als die Wohnungsmiethe. Die Kinder aber müssen wir so weit als irgend möglich frei machen von dem Drucke dieses Unverstandes; daher ist es die Pflicht der maassgebenden Personen der Gemeinde, wenigstens von der Schule die Schädlichkeiten fern zu halten, welche von den Wänden der Gebäude ausgehen.

Sicherlich ist es aber nicht der Wassergehalt allein, welcher die sogenannten feuchten Wohnungen zu so gefährlichen Aufenthaltsorten für den Menschen macht, sondern die Exspirationsluft ist es und vor allem jene organischen Substanzen, welche, der Ausathmungsluft zugehörig und auf einen engen Raum verdichtet, zur deletären Geltung kommen; dazu noch jene Welt kleinster Organismen, welche bei geeignetem Feuchtigkeits- und Wärmegrade der Atmosphäre in reichster Ueppigkeit sich entwickelt (s. Capitel: Luft). Wer je einen bewohnten feuchten Keller betreten, die Pilzrasen an den Wänden gesehen und den erstickenden Moderduft geathmet hat, welcher dem Kellerbewohner jenes scheussliche Aroma giebt, das, an den Kleidern unvertilgbar haftend, ihn seine Atmosphäre selbst ins Freie mitnehmen lässt, — wer dies jemals kennen gelernt hat, wird überzeugt sein, dass im Wassergehalt der Kellerluft an und für sich die geringste der Schädlichkeiten befindlich ist, welche die Kellerwohnung repräsentirt; denn selbst die von v. Petten-

kofer betonte Gefahr der ungleichmässigen Wärmeabgabe seitens unseres Körpers an die feuchten Wände, die einestheils in Folge ihrer grösseren Wärmeleitungsfähigkeit und der Verdunstung ihrer grossen Feuchtigkeit die Wärmeabgabe vergrössern und die anderenteils einseitig abkühlend wirken, ist gering anzuschlagen gegen diese durch Concentration von Fäulniss und Moder geschaffenen Lebensbedrohungen.

Wenn auch die Schülerräume nur vorübergehend benutzt werden, so wird doch die Gesundheit der Kinder durch den Aufenthalt in feuchten Räumen um so mehr gefährdet, als der zarte Organismus für schädliche Einflüsse besonders empfänglich ist.

Baupolizeiliche Vorschriften über die Frist, die zwischen der Vollendung des Rohbaues und dem Beziehen des Gebäudes, also auch des Schulhauses, liegen soll, haben in ihrer Allgemeinheit keinen besonderen Werth, weil die zum Austrocknen erforderliche Zeit je nach der Beschaffenheit des Baumaterials, der Stärke der Mauern, der Jahreszeit, der Lage des Gebäudes etc. verschieden sein wird (Prausnitz[1]).

Bei einer zu frühzeitigen Benutzung des Schulhauses können die durch Respiration, Ausdünstung nasser Bekleidung etc. erzeugten Wasserdämpfe den Trockenprocess der Mauern verlangsamen. Sind diese erst völlig trocken, dann wird eine Durchfeuchtung der Wände und die Bildung von Schwitzwasser nicht eintreten, weil die Feuchtigkeit durch die Fenster, Thüren, Ventilationseinrichtungen und porösen Mauern nach aussen befördert wird.

Dass ein im Frühjahr vollendeter Rohbau unter dem Einfluss der sommerlichen Temperatur schneller trocknet, also früher beziehbar wird, als ein im Herbst ausgeführter, der noch den Winter hindurch leer steht, leuchtet ein, ebenso dass nach Norden gelegene Mauern ihre Feuchtigkeit länger behalten als solche, die von der Sonne beschienen werden.

Das Mauerwerk muss so lange ohne Putz stehen, bis es genügend trocken ist; denn die Putzhaut wird die Austrocknung erschweren, da der Mörtel bei Durchfeuchtung einen bedeutenden Verlust an Permeabilität erleidet.

Thüren und Fenster dürfen erst einige Wochen nach Trocknung des Putzes eingesetzt werden.

Die Bauinstruction der Regierung zu Breslau, welche bestimmt,

---

[1]) Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. p. 201.

dass der Neubau nach der Vollendung ¼—¾ Jahre leer stehen soll, bevor er in Benutzung genommen wird, lässt also mit Rücksicht auf das Baumaterial, die Witterungsverhältnisse etc. einen grossen Spielraum. Sie empfiehlt ferner, dass die Räume schon vor der Benutzung öfter geheizt und dass nach dem jedesmaligen Anwärmen die Fenster geöffnet werden.

Zur Beschleunigung des Austrocknens eines Neubaues werden oft Coakskörbe verwendet, die namentlich durch die von ihnen erzeugte Kohlensäure eine schnellere Erhärtung des Mörtels herbeiführen.

Die Verwendung der einfachsten Körbe bringt wegen des entstehenden Kohlenoxyds Gefahren für die Arbeiter mit sich; besser sind Keidel's Schnelltrockner und ein von Kosinsky [1]) erfundener Apparat, der auch einen beständigen Luftwechsel bewirkt.

Unter solchen Umständen ist es gewiss wichtig zu wissen, wie man den Grad der Feuchtigkeit einer Wohnung bestimmt, und wann ein Raum sanitätspolizeilich als bewohnbar zu betrachten ist. Die Beurtheilung der Trockenheit eines Neubaues nach dem Aussehen der Wände, durch Betasten, ob sie sich feucht oder trocken anfühlen, oder durch Beklopfen ist durchaus subjektiv und äusserst trügerisch.

Pappenheim [2]) giebt an, dass der begutachtende Arzt kein anderes Verfahren hat, sich über die Zulässigkeit des Bewohnens Klarheit zu verschaffen, als einerseits die Luft des Hauses mit der Nase zu prüfen, und andererseits den Wassergehalt der fraglichen Luft in seinem Verhältnisse zu dem der äusseren Luft festzustellen. „Solange noch eine gewogene nicht zu grosse Menge Chlorcalcium an einem geschützten Ort der freien Luft in gewisser Entfernung von dem Gebäude in der Zeit einiger Stunden, in welcher das Wetter nicht wesentlich wechselt, weniger Wasser aufnimmt, als dieselbe Menge Chlorcalcium in derselben Zeit innerhalb der Zimmer des fraglichen Hauses bei geschlossenen Fenstern und Thüren, solange ist das Haus noch unbewohnbar.“ — Marc d'Espine benutzte zur Bestimmung des Wassergehaltes frisch gebrannten Kalk, welchen er in Töpfen in die auf Wasser zu untersuchenden Räume brachte, und berechnete den Wassergehalt der Luft aus der Gewichtszunahme des Kalkes in bestimmter Zeit. Die solchermassen ermittelte Feuch-

---

[1]) Deutsche Bauzeitung. 1885 und 1887.
[2]) Pappenheim, l. c.



tigkeit der Luft stellt die Summe des von den Wänden exhalirten Wassers und des zufälligen Wassergehaltes der Atmosphäre dar. Will man nun den Feuchtigkeitsgrad von Neubauten bestimmen, so vergleicht man die Gewichtszunahme des Kalkes in diesen mit der gleichzeitigen in einigen als besonders trocken bekannten Räumen; die Bestimmung ist demnach nur indirect und, wie man wohl erkennt, mangelhaft. Marc d'Espine's Versuche sind schon deshalb nicht fehlerfrei, weil er den Einfluss der Temperatur vernachlässigt hatte.

Möller[1]) trocknete die Untersuchungsmasse, den Kalkmörtel der Wand, im Wasserbade und fand nun in notorisch gesunden Wohnungen einen Feuchtigkeitsgehalt von 0,32—0,56 %, in feuchten von 0,85—8,9 %. Er schliesst daraus, dass bei dem Material, aus welchem unsere Häuser bestehen, die Feuchtigkeit nicht einmal ein volles Procent zu betragen braucht, um die Wohnung ungesund zu machen. Der Feuchtigkeitsgehalt in älteren, ungünstig gelegenen Gebäuden kann viel höher sein, und Möller glaubt deshalb, dass sich wissenschaftlich gar keine Frist bestimmen lasse, wann Häuser ohne Weiteres für trocken und gesund zu halten seien.

Weiterhin liegen Untersuchungen von Gläsgen[2]) vor. Derselbe bestimmt (nach v. Pettenkofer's Angabe) den Wassergehalt des Mörtels, welcher von den Wänden abgehauen war, direct durch das Gewicht. 25 g zerkleinerten Mörtels wurden in eine Liebig'sche Trockenröhre gebracht und ca. 1 Stunde erwärmt, während zugleich durch die Röhre ein Luftstrom geleitet wurde, der vorher durch eine Röhre mit Barytwasser und dann durch eine andere gegangen war, welche mit Schwefelsäurehydrat angefüllten Bimsstein enthielt, so dass die Luft trocken und frei von Kohlensäure war. So wurde das freie Wasser bestimmt; alsdann wurde über den Mörtel ein Kohlensäurestrom geleitet, hierdurch das Hydratwasser frei gemacht und nach genügender Erwärmung und vollständiger Verdunstung desselben wieder gewogen. Da der entstandene kohlensaure Kalk schwerer ist als das Kalkhydrat, so ergab die Gewichtszunahme die Menge des Hydratwassers. 9 Gewichtstheile Hydratwasser entsprachen einer Gewichtszunahme der Masse um 13 Theile. Wenn ganze Gebäude oder mehrere einzelne Räume untersucht wurden, so wurden jedesmal Mörtelproben von den

---

[1]) Seifert, Ventilation. Schmidt's Jahrbücher. 1866. Bd. 129, p. 327.
[2]) Gläsgen, a. a. O. p. 246.



Aussenwänden der verschiedenen Stockwerke genommen, dabei auch die Himmelsrichtung der untersuchten Wände beobachtet. Mit Recht macht Flügge dieser Methode den Vorwurf, dass das Ergebniss immer unsicher sein müsse, weil kleine dem Verputz entnommene Proben nicht die durchschnittliche Beschaffenheit der Mauer repräsentiren können. — Die Frage, auf welche es uns hier ankommt, hat Gläsgen überdies noch nicht entschieden; er meint, dass für München unter Berücksichtigung von Klima, Baumaterial und Bauweise 1 %, d. h. 1 Theil Wasser auf 100 Theile Mörtel, die Grenze der zulässigen Feuchtigkeit ausmachen dürfte. v. Pettenkofer giebt an, dass 4—5 Gewichtsprocente Wasser, welche aus dem Mörtel verdunsten, die Grenze abgeben zwischen trockenen und feuchten Häusern. Emmerich ist der Meinung, dass der Neubau als trocken bezeichnet werden kann, wenn der innere Mörtelputz weniger als 2 % Wasser enthält.

Die Trockenheit des inneren Putzes, von der die Beziehbarkeit eines Neubaues seitens dieser Autoren im Allgemeinen abhängig gemacht ist, dürfte aber für die Trockenheit des Mauerwerks keinen absolut zuverlässigen Maassstab geben. Wände, deren Putz äusserlich trocken erscheint, können gleichwohl im Innern noch feucht sein, was die bei dem Bewohnen auftretenden nassen Stellen beweisen. Es muss daher der zur Untersuchung zu verwendende Mörtel mittelst eines Hohlbohrers aus den Fugen genommen werden.

Flügge weist, nachdem er ausgeführt hat, dass die verschiedenen üblichen Verfahren zu brauchbaren Criterien nicht geführt haben, darauf hin, dass vorläufig die Schimmelpilzbildung an Wänden, auf frischem Brot, auf Stiefeln u. s. w. als Zeichen unbedingt zu grosser Feuchtigkeit angesehen werden müsse.

Der Vorschlag von Emmerich, die Beziehbarkeit eines Neubaues nicht von einer bestimmten „Austrocknungsfrist“, sondern lediglich von dem Trockenheitsgrade abhängig zu machen, verdient daher die vollste Anerkennung.

Alles zusammen genommen, ist also bis jetzt nicht mit Bestimmtheit anzugeben, wann die Erlaubnis, ein Wohnhaus zu beziehen, ertheilt werden darf; indess haben fortgesetzte Untersuchungen ergeben, dass man durchaus nicht glauben dürfe, in alten Häusern auch am trockensten zu wohnen; so hat Wolffhügel[1]) in einem

---

[1]) Wolffhügel s. bei v. Pettenkofer, Ueber Hygiene und ihre Stellung an den Hochschulen. Populäre Vorträge, III. Heft, p. 69.



100 Jahre alten Pfarrhause bis 18 % freies Wasser und keine Spur Hydratwasser, in einem neuen Schulhause Münchens nur etwas über 11% freies und gebundenes Wasser zusammen vorgefunden; das Pfarrhaus war exquisit ungesund, und zwei Bewohner desselben waren nacheinander an Morbus Brightii gestorben. Die Nutzanwendung für die Beziehbarkeit von Schulhäusern wird jedenfalls die sein, dass man nunmehr auf dem eben eingeschlagenen Wege der Untersuchung und der damit Hand in Hand gehenden dauernden Beobachtung der sanitären Verhältnisse der Besucher einzelner Schulen die Grenze der erlaubten Wassermenge wird zu bestimmen haben; man wird sicher gut thun, dieselbe bis auf das niedrigste Maass zu beschränken.

Tritt die Nothwendigkeit ein, das Schulgebäude in Benutzung nehmen zu müssen, auch wenn die Aussenmauern zum Theil noch nicht genügend trocken sind (z. B. die nach Norden gelegenen), so bleibt nichts weiter übrig, als im Innern, durch eine dünne Luftwand von ihnen getrennt, eine dünne Wand aus hochkantig gestellten, möglichst porösen Ziegeln oder einen Drahtgewebeputz auf Leisten (Rabitzwand) auszuführen [1]). Diese dünnen Wände werden natürlich ihre Feuchtigkeit sehr schnell verlieren. Die weitere Austrocknung der Aussenmauern erfolgt alsdann, ohne dass ihr Wassergehalt eine schädigende Wirkung auf die Räume und die in ihnen sich aufhaltenden Personen ausüben kann.

i) Blitzableiter.

Die Blitzgefahr [2]) ist nach einzelnen Distrikten, Ortschaften und nach der Art der Gebäude verschieden und wird beeinflusst:

1. Durch den Gesammtcharakter der Gegend. In flachen Gegenden ist die Blitzgefahr grösser als in gebirgigen, weil in diesen die Ortschaften zumeist in den Thälern liegen und die gefährdeten Berge unbewohnt sind, während in der Ebene jedes Haus ein dem Blitz exponirter Punkt ist.

2. Durch die Terrainbeschaffenheit der unmittelbaren Umgebung. Gebäude auf erhöhtem Terrain, sowie solche in unmittelbarer Nähe von Flüssen und Seen sind besonders gefährdet.

---

[1]) Nussbaum, Einfluss der Baustoffe etc. Gesundheits-Ingenieur, 1892, XV., p. 772.

[2]) Weber, Blitzgefahr, in: Dammer's Handwörterbuch der Gesundheitspflege. Stuttgart 1893.

3. Durch die Höhe der Gebäude. Mit zunehmender Höhe wächst die Blitzgefahr.

4. Durch die örtliche Vertheilung der Gebäude, indem eng zusammengebaute Ortschaften die Blitzgefahr vermindern; daher die relativ geringere Gefährdung städtischer Gebäude gegenüber ländlichen.

5. Durch die Bauart der Gebäude. Ein mit vielen Metallgegenständen versehenes Haus ist dem Blitzschlage mehr ausgesetzt als ein solches ohne Metall.

6. Durch unmittelbare Nachbarschaft von blitzgefährlichen Gegenständen, z. B. von Thürmen, die keinen guten Blitzableiter haben, von hohen Bäumen u, s. w.

Die drei Teile eines Blitzableiters, die Auffangestangen, die Luftleitung und die Erdleitung, müssen ein einziges in sich metallisch zusammenhängendes System bilden. Zahl und Ort für die Auffangestangen sind so zu bemessen, dass sich alle Punkte des Gebäudes im Schutzkreise einer Spitze befinden. An die Luftleitung, die auf kürzestem Wege Auffangestangen und Erdleitung verbinden soll, müssen auch die senkrecht gehenden Metalltheile des Gebäudes, wie Regenrinnen, eiserne Treppen, Gas- und Wasserrohre, durch metallische Verbindung angeschlossen werden. Die Erdleitungen lässt man in Platten endigen, die ins Grundwasser versenkt werden. (Ueber die Technik der Blitzableiteranlagen muss auf die Speciallehrbücher verwiesen werden.) Nur ist noch zu bemerken, dass die Luftleitung von etwa 3 m über der Erde an bis herab zu dieser mit einem Mantel aus schlechtleitendem Material umgeben und dadurch unzugänglich gemacht wird.

Die Anbringung von Blitzableitern auf Schulhäusern kann, abgesehen von Ausnahmen, welche durch die eigenthümliche Lage des Gebäudes begründet sind, im Allgemeinen als ein Bedürfniss nicht angesehen werden (Preuss. Min.-Erl. vom 11. Jan. 1876). Um die Nothwendigkeit derartiger Anlagen nachzuweisen, ist zu berücksichtigen, ob und wie oft in der Gegend Gebäude vom Blitz getroffen sind, wie der Untergrund des Hauses namentlich bis auf den niedrigsten Grundwasserstand beschaffen ist, wie das Gebäude im Allgemeinen gestaltet und wie die Umgebung des Hauses beschaffen ist (Preuss. Min.-Erl. vom 1. Nov. 1892, vom 28. Nov. 1892 und vom 14. Febr. 1893). Ferner sei erwähnt, dass durch Ministerialerlass vom 28. März 1884 die Regierung zu Schleswig ermächtigt wurde, auf die Anlage von Blitzableitern in Zukunft für alle Neu-

bauten von öffentlichen Volksschulhäusern regelmässig Bedacht zu nehmen, und weiterhin dieselben auch für diejenigen der bestehenden Schulhäuser zu verlangen, welche nach Lage und Beschaffenheit der Blitzgefahr besonders ausgesetzt seien; zu diesen werden vor Allem die mit weicher Bedachung versehenen Gebäude gerechnet. Gleichzeitig sei darauf hinzuwirken, dass nach und nach thunlichst auch alle übrigen Schulhäuser mit Blitzableitern versehen werden.

Nothwendig ist es, dass die Blitzableiteranlagen auf ihre Leistungsfähigkeit regelmässig und in nicht zu langen Zeitabständen controlirt werden.

Das Schulzimmer.

Es ist schon oben von einzelnen Einrichtungen, die auch bei der Ausstattung des Schulzimmers in Betracht kommen (Fussboden, Decken, Wände) die Rede gewesen. Bei der Bedeutung dieser Factoren für die gesundheitsgemässe Beschaffenheit der Zimmer soll auf dieselben hier noch ausführlicher eingegangen werden.

A. Fussboden.

Ein allen Anforderungen der Hygiene entsprechender Fussboden ist ein wichtiger Bestandtheil des gut ausgestatteten Schulzimmers. Für denselben muss möglichst widerstandsfähiges Material Verwendung finden; nicht nur dass ein sich leicht abnutzender Fussboden Anlass zu häufigen Reparaturen giebt, wird er auch um deswillen nicht zu billigen sein, weil er in Folge der von ihm abgetretenen kleinen Theilchen, die leicht aufgewirbelt werden können, als Staub zur Verunreinigung der Zimmerluft beiträgt. Beton-, Cement- und Ziegelsteinpflaster, wie solche vereinzelt in Landschulen sich noch vorfinden, sollten daher in keinem Schulzimmer als Fussboden gebraucht werden. Die Oberfläche muss, um eine sorgfältige Reinigung zu ermöglichen, nicht nur eben sein und eben bleiben, sondern auch keine Risse und breiten Fugen aufweisen. In die Unebenheiten und Fugen setzen sich Staub- und Schmutztheilchen, die durch Ausfegen und Aufwischen nicht entfernt werden können, die aber in trockenem Zustande sich als schädlicher Staub bemerkbar machen. Werden diese Schmutzansammlungen, die zum grossen Theile organischer Natur sind, bei der nassen Reinigung der Zimmer angefeuchtet, so tritt eine Zersetzung dieser Massen ein, und die Fäulnissgase mischen sich der Athemluft bei. Noch schlimmer

ist es, wenn das bei der Reinigung verwendete Wasser durch die breiteren Fugen und Risse die Schmutzstoffe und mit ihnen pathogene Bacterien mit in die Zwischendeckenfüllung hinabführt, diese, die nicht selten organische Bestandtheile in grösserer Menge enthält, noch weiter verunreinigt und hier nun zu reicher Entwickelung vorhandener Bacterien und zu Fäulnissvorgängen Veranlassung giebt, deren Producte in das Zimmer eindringen und dessen Luft verunreinigen. Dass dies thatsächlich der Fall ist, hat eine Reihe von Untersuchungen ergeben.

Budde benutzte zu seinen Versuchen ein Zimmer mit undichtem Fussboden, aber impermeablen Wänden und genau schliessenden Thüren und Fenstern. Wenn er durch Absaugung eine grössere Luftmenge entfernte als die, welche in demselben Zeitraume durch den Frischluftkanal einströmte, so war mit der abgesaugten Luft eine grössere Menge Kohlensäure entfernt, als diejenige sein musste, welche in derselben Zeit im Zimmer producirt und in einer der Ventilationsluftmenge entsprechenden Menge Aussenluft enthalten war. In der abgesaugten Luft hätten 233 l Kohlensäure vorhanden sein müssen; es wurden aber 320 l mit der Luft entfernt. Diese Differenz im Kohlensäuregehalt lässt sich zum wesentlichsten Theil nur durch eine Einströmung von Kohlensäure durch den undichten Fussboden erklären. — Theils dringt in die Räume aus einem darunter liegenden Raume oder aus dem Boden eine an Kohlensäure reiche Luft ein, theils wird die einströmende Luft durch das unsaubere Zwischendeckenmaterial und die Producte der hier sich vollziehenden Zersetzungen noch weiter verunreinigt.

Rietschel weist darauf hin, dass bei Durchlässigkeit der Fussböden und Decken während der kälteren Jahreszeit in den Gebäuden eine Luftbewegung von unten nach oben, in der wärmeren eine solche von oben nach unten stattfindet. Da nun durchaus nicht immer gute Luft aus den unterhalb bezw. oberhalb liegenden Räumen in das Zimmer einströmt, so ist es besser, die Luftbewegung in senkrechter Richtung möglichst aufzuheben, also Fussböden und Decken luftundurchlässig herzustellen.

Der Fussboden muss also luftundurchlässig, dicht sein und darf nach dem Verlegen keine weiten Fugen aufweisen. Im Falle, dass späterhin breitere Fugen entstehen, müssen sich diese ohne Schwierigkeit verschliessen lassen. Reparaturen sollen leicht und ohne grosse Kosten auszuführen sein. Wenn der Fussboden auch für die Zwecke der Reinigung möglichst ebenflächig bleiben soll,

so muss er doch dem Fusse einen sicheren Stand gewähren, also standsicher sein. Er darf nicht Veranlassung zu starker Schallbildung geben und muss fusswarm, d. h. ein schlechter Wärmeleiter, sein und hohe specifische Wärme besitzen.

Für den Holzfussboden des Schulzimmers ist weiches Holz, zumal Kiefernholz, das vielfach gebraucht wird, wenig geeignet, weil es leicht splittert, rauh wird und sich bald abtritt, und weil in Folge des Eintrocknens mehr oder weniger breite Fugen entstehen. Er bildet dann eine Stätte schwer zu beseitigenden Staubes. Am besten ist Eichen- und Buchenholz. Mögen bei der Verwendung von hartem Holz auch die Kosten für die erste Herstellung grösser sein, als wenn man das billigere Weichholz gebraucht, so gleicht sich dies doch wieder aus, weil bei Hartholz weniger Reparaturen und ein seltener Ersatz nothwendig sind. Der Vorwurf, dass Eichenholz leicht splittert und daher auch einer grösseren Abnutzung ausgesetzt ist, kann gegen das Rothbuchenholz nicht erhoben werden; natürlich muss dasselbe vor dem Verlegen erst in geeigneter Weise zubereitet werden. Wie bei jeder anderen Holzart wird auch bei dem Rothbuchenholz besonders die Menge der Proteïnstoffe, sowie die Fällzeit des Holzes auf dessen Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Verrotten und die Angriffe des Schwammes von grossem Einflusse sein. Da die Proteïnstoffe als Nährboden für die Weiterentwickelung des Schwammes u. s. w. dienen, ist deren Entfernung oder Umsetzung in weniger gefährliche Stoffe von grösster Wichtigkeit. O. Hetzer-Weimar hat nun durch Ausziehen der Proteïnstoffe in vollendeter, für die Festigkeit unschädlicher Weise und durch Imprägniren des Buchenholzes, in einzelnen Fällen durch Bestreichen desselben mit der Imprägnirungsflüssigkeit, dasselbe gegen die Aufnahme von Wasser geschützt. Ueber die Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit des aus diesem Holze hergestellten Fussbodens schreibt Postbaurath Techow auf Grund angestellter Versuche: Während der gleichzeitig verlegte eichene Stabboden zum Theil schon hat erneuert werden müssen, zeigt der aus Rothbuchenholz gefertigte Fussboden, welcher der grössten Abnutzung unterworfen ist, noch dieselbe ebene und dichtgefugte Beschaffenheit wie bei seiner Herstellung. Es hat sich also das nach dem Hetzer'schen Verfahren behandelte Rothbuchenholz dem Eichen- und Kiefernholz gegenüber an Dauer und Güte überlegen gezeigt.

Gewöhnlicher Dielenfussboden besteht aus Brettern in der Breite, wie sie vom Stamme kommen; meistens werden aber die Dielen

so besäumt, dass sie für die Zwecke des dichten Schlusses parallele Ränder erhalten. Bretter von 10—16 cm Breite heissen Riemen, und der aus ihnen hergestellte Fussboden Riemenfussboden. Sind die Riemen kurz geschnitten, etwa auf 1 m Länge, so entsteht der Stabfussboden (Stabparkett), der in Form des Parkettfussbodens verlegt wird. Je schmaler die Dielen, Riemen und Stäbe sind, um so besser ist der Fussboden; denn die Fugen, die zwar in grösserer Zahl vorhanden sind, werden beim Eintrocknen niemals eine grössere Breite erhalten. Bei breiteren Dielen ist zwar die Fugenzahl geringer, aber es ist die Gefahr vorhanden, dass die Bretter sich werfen und reissen, und dass die Fugen beim Eintrocknen sehr gross werden. Ist nämlich das Holz des Fussbodens beim Verlegen trockener als die Luft des Raumes, in welchem es verwendet wird, so muss es durch die Aufnahme der Feuchtigkeit aufquellen, und die Dielen, die nun nicht mehr Platz genug haben, werfen sich und werden wellig. Im entgegengesetzten Falle, wenn das Holz feucht, der Raum aber trockener ist, vermindert sich beim Eintrocknen das Volumen der Dielen, und es entstehen die Schwindfugen.

Zum Zwecke eines besseren Schlusses der Fugen werden die Ränder der Dielen durch Spundung oder durch Zusammenschluss mit Nut und Federn in eine innigere Verbindung gebracht, die ausserdem auch dem Werfen des Fussbodens entgegenwirkt.

Der Dielenfussboden wird auf Balken oder besondere Lagerhölzer verlegt. Aus Halbholz gefertigte Fussbodenlager verziehen sich meist nach einer, die aus Kreuzholz hergestellten nach zwei Seiten; Lager aus Ganzholz werden, wenn sie nicht gerade gewachsenen Stämmen entnommen waren, windschief und reissen fast immer auf, sobald man sie ordentlich trocknen will. Es empfiehlt sich daher, hohle, aus mehreren Längstheilen zusammengesetzte Lager zu verwenden. Stabfussboden erhält einen Unterfussboden, den sog. Blindboden, der aus rauhen Dielen weicher Holzarten bestehen kann. Bei einer solchen Unterlage ist aber der Uebelstand vorhanden, dass, wenn sie sich wirft, auch der eigentliche Fussboden nicht ebenflächig bleibt.

Der Fussboden aus Dielen und Riemen wird durch Nagelung auf den Balken oder den Lagerhölzern befestigt, Stabfussboden auch durch Verlegen in heissflüssigen Asphalt oder in Cement. In diesem Falle werden die Ränder der Stäbe nach unten etwas abgeschrägt, so dass die Fugen oben fest geschlossen sind, nach unten sich aber erweitern, um hier dem flüssigen Asphalt und Cement den Zutritt

zu gewähren, der sonach die einzelnen Stäbe von allen Seiten umgiebt, ohne jedoch an seiner Oberfläche sichtbar zu werden. Die Befestigung des Holzbelages durch Nagelung oder durch Einlassen mit Asphalt hat aber den Nachtheil, dass die durch Eintrocknen etwa entstehenden Fugen sich nur dann völlig beseitigen lassen, wenn der ganze Fussboden aufgenommen, nachgearbeitet und nun von Neuem verlegt wird; meistenteils aber begnügt man sich, die Zwischenräume mit Holzstreifen zu füllen oder mit Kitt auszustreichen. Die sächsische Verordnung hält es für zweckmässig, die Dielen beim ersten Verlegen nur übereck zu nageln, um sie nach dem Eintrocknen ohne grosse Mühe aufnehmen und dichtschliessend verlegen zu können. In Hamburg sind unter den Sitzen Querdielen, an den Seiten und in den Mittelgängen Längsdielen gelegt, um ein leichtes Auswechseln des in den Gängen am meisten in Anspruch genommenen Fussbodens zu ermöglichen (Hittenkofer).

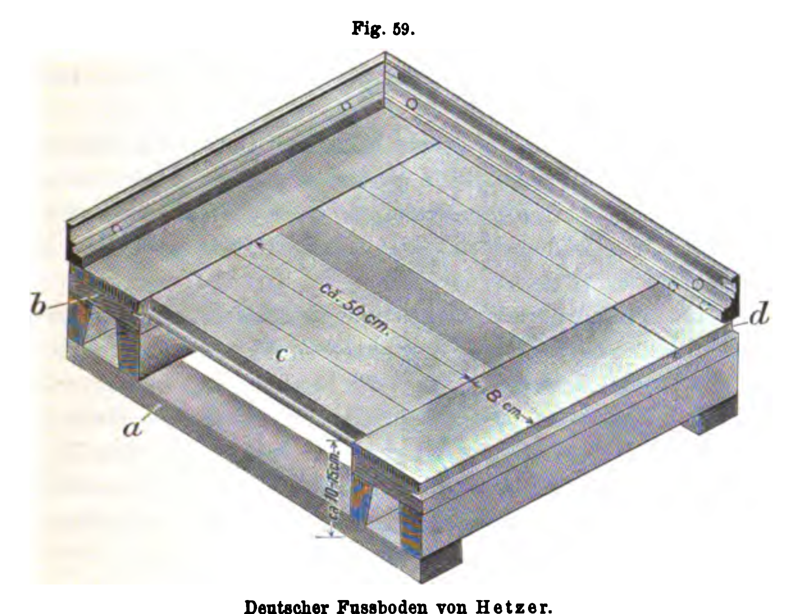
Um das Entstehen von Schwindfugen zu verhüten, müssen die Zimmer und das Fussbodenholz thunlichst trocken sein. Das Verlegen sollte, wie es in den Berliner Schulbauten regelmässig geschieht, nur an den heissesten Tagen des Jahres geschehen, damit nicht zu den oben gerügten Uebelständen Anlass gegeben wird.

Nothwendig ist es, den Fussboden vor der Benutzung mit heissem Leinöl zu tränken oder mit einem anderen Fussbodenanstrich zu versehen, weil dadurch die Fugen und Risse gefüllt werden, das Holz widerstandsfähiger und glatter wird, keine Feuchtigkeit annimmt und deshalb leicht mit Wasser gereinigt werden kann. In Berlin werden die Dielen unmittelbar nach dem Verlegen zwei- bis dreimal mit heissem Leinöl getränkt, wobei namentlich beim letzten Tränken ein wenig Farbe zugesetzt werden kann, um dem Holze eine etwas gleichmässigere und dunklere Farbe zu geben.

Eigenartig und durch manche technische und hygienische Vorzüge ausgezeichnet ist der „Deutsche Fussboden" (Fig. 59) von O. Hetzer-Weimar, ein Stabfussboden aus Eichenholz, der jedoch auch aus jeder sich zu Fussboden eignenden Holzart hergestellt werden kann. Auf den Untergrund des Fussbodens wird ein Rahmenwerk von Latten (a) gelegt, auf welche dann rechtwinklig dazu die sog. Lager (b) von 8 cm Breite 50 cm von einander entfernt und parallel zu einander zu liegen kommen. Diese Lager und das zur gleichmässigen Auflage dienende Lattenrahmenwerk bilden gewissermassen das Gerippe des Fussbodens, unter dem die Luft nach allen Richtungen hin cirkuliren kann. Die oberen Langtheile

der Lager sind, um das Verziehen zu verhüten, aus mehreren Stücken zusammengeleimt. Die Zwischenräume zwischen den Lagern werden durch die senkrecht zu ihnen stehenden Stäbe (c) ausgefüllt. Dies Verlegen geht in Folge praktischer Einrichtungen an Stäben und Lagern überaus schnell vor sich. Es erfolgt von links nach rechts in der Weise, dass das linke Lager bereits unverrückbar fest liegt, während das rechte nur eine provisorische Lage erhalten hat. Die zwischen die Lager einzuschiebenden Buchenstäbe sind an ihren Langseiten durch Hirnholzfedern miteinander verbunden. Die Be-

Fig. 59.



Deutscher Fussboden von Hetzer.
a Lattenunterlage, b Lager, c Stäbe, d Raum zwischen dem letzten Stabe und der Wand.

festigung zwischen den Lagern erfolgt derart, dass die Stäbe mit ihren an beiden Hirnenden angestossenen Zapfen einerseits auf den etwa 5 mm vorspringenden Theil des bereits festliegenden Lagerholzes, anderentheils auf den gleichen Vorsprung des noch nicht in seine endgiltige Lage gerückten Lagers gelegt werden. Nachdem so die ganze Reihe von Stäben zwischen zwei Lagern verlegt ist, wird das noch bewegliche Lager gegen das bereits feste angeschoben oder herangedrückt, und es werden so die Stäbe festgehalten. Zwischen dem letzten Stabe und der Wand bleibt ein Raum (d) frei, der durch die Fussleiste verdeckt wird. Quillt das Holz auf, so können sich die Stäbe nach den Seiten hin ausdehnen, zu welchem

Zwecke hier der Raum an der Wand vorgesehen ist. Wenn durch Eintrocknen Fugen entstanden sind, so lassen sich diese leicht durch Zusammenziehen der Stäbe beseitigen, nachdem man an den anstossenden Seiten derselben den dort sitzenden Schmutz entfernt hat. Zum Zwecke des Zusammenziehens wird nicht die ganze Fussleiste, sondern nur das an dieselbe geschraubte untere Glied derselben abgenommen, so dass die Wand nicht beschädigt wird. Auf diese Weise sind auch die Reparaturen erleichtert, indem ohne grosse Schwierigkeit die Auswechselung abgenutzter Fussbodentheile durch Herausziehen alter und Einsetzen neuer Stäbe möglich ist. Unterhalb des Fussbodens bleibt zwischen den Lagern und dem Rahmenwerk ein Luftraum von 5—10 cm Höhe, der zur Lüftung des Zimmers verwendet wird.

Die Lager können auf jedem beliebigen Deckenmaterial verlegt werden, sowohl auf Gewölbekappen wie auf Betongewölben, auf Ziegelflachschicht, auf Holzbalkenlagen, sowie endlich auch auf einem alten Fussboden. Immer bleibt die Luftcirkulation unter dem Fussboden gewahrt.

Steinfussboden, aus Ziegelsteinen, Thonplatten, Fliesen und anderen auf künstliche Weise hergestellten Platten bestehend, wird in Schulen selten verwendet, weil er fusskalt ist, entweder leicht abnutzt und rauh wird oder allmählich eine glatte Oberfläche erhält und stark schallwirkend ist. Hierher zu rechnen ist auch Xylolith (Steinholz), eine unter besonders hohem Druck hergestellte Verbindung von Sägemehl und Mineralien zu einem äusserst zähen und festen Material von vorwiegend holzartiger Natur. Die 12—20 mm starken Platten, in Form eines Quadrates oder Rechtecks gepresst, werden auf Blindboden, alten Dielenfussboden, Ziegelpflaster, Cementbeton u. s. w. in Kitt, Wasserglasmörtel oder Cementmörtel verlegt und nöthigenfalls mit einigen Stiften befestigt. Dieser Fussbodenbelag ist noch zu neu, als dass ein abschliessendes Urtheil über seine Brauchbarkeit möglich wäre. Die Abnutzung ist nicht bedeutend, so dass der Vorwurf, es werde hierdurch Staub erzeugt, nicht als berechtigt erscheint. Doch wird die Oberfläche nach längerer Benutzung etwas rauh; in Folge dessen ist die Reinigung erschwert. Durch Tränkuug mit Oel bleibt die Oberfläche glatter. Xylolith ist standsicher, schalldämpfend, feuerfest und bietet völlige Sicherheit gegen Schwammbildung. Geklagt wird aber darüber, dass dieser Bodenbelag fusskalt ist. (Fabrik: Senig & Co., Potschappel bei Dresden.)

Von dem Steinfussboden sind die Estriche, die sich durch Fugenlosigkeit charakterisiren, zu unterscheiden. Von ihnen können Terrazzo und Asphaltestrich nur dann für die Schulzimmer als Fussboden Verwendung finden, wenn die Schulbänke mit Fussbrettern versehen sind, oder wenn die Füsse der sitzenden Schüler durch andere Mittel gegen grosse Abkühlung durch das gut wärmeleitende Material geschützt sind. In Zimmern für physikalischen Unterricht, Baderäumen, Corridoren sind diese Estricharten wie auch Xylolith durchaus an ihrem Platze. Terrazzo ist eine Kalkmörtelmischung, die Stückchen von Marmor oder farbigen Steinen enthält. Die Abnutzung ist sehr gering; die Oberfläche bleibt völlig eben, so dass die Reinigung leicht auszuführen und die Sauberkeit eine sehr grosse ist. Asphaltestrich ist bezüglich seiner thermischen Eigenschaften und seiner geringen Abnutzung allen Estricharten überlegen; indess beeinträchtigt seine dunkle Farbe die Reinigung, weil die anhaftenden Schmutztheilchen oft unbemerkt bleiben.

Als Fussbodenbelag auf Holzfussboden, Steinfussboden und Estrich oder auch direct auf ebenflächige massive oder Betondecken zu verlegen, ist Linoleum das beste Material. Dasselbe, aus fein gemahlenem Kork, Leinöl und Jute fabricirt, ist sehr dauerhaft, behält eine völlig glatte Oberfläche, gestattet schnelle und leichte Reinigung, ist standsicher, ermöglicht ein angenehmes Gehen und hat vortreffliche thermische und akustische Eigenschaften. Hierzu kommt noch, dass es bei seiner Herstellung in grossen Flächen nur wenig Fugen hat, also in dieser Beziehung den Estrichen gleicht.

Zu bemerken ist noch, dass der Fussboden, wenn es irgend möglich ist, in einer Hohlkehle an den Fuss der Zimmerwände angeschlossen wird, weil die winkligen Ecken einer gründlichen Reinigung hinderlich sind. Bei Estrichen und Linoleumbelag sind diese Hohlkehlen leicht herzustellen.

B. Wände und Decken.

Schon als von den Umfassungsmauern des Schulhauses (S. 155) die Rede war, sind die Gründe, die für und gegen die Permeabilität der Aussenmauern sprechen, ausführlich erörtert worden. Es wurde gezeigt, dass der Effect der Mauerventilation für die Lufterneuerung in den Zimmern nur ein geringer ist, da für die Aussenfläche der Umfassungsmauern ein möglichst undurchlässiges Material bezw. ein

gleicher Anstrich erforderlich sei, um die Durchnässung der Mauern durch Niederschläge zu verhindern. Weiter muss auch der Anstrich bezw. die Bekleidung der inneren Wandflächen in Betracht gezogen werden. Lang hat für eine Reihe von Wandbekleidungen der Innenseite die Durchlässigkeit bestimmt. Es ergab sich, dass Kalkanstrich die grösste Permeabilität besass, weniger hatten Anstrich mit Leimfarbe, Glanztapete, ordinäre Tapete (welche letzteren beide die Permeabilität um so mehr verringern, je dichter der Klebestoff ist, mit welchem sie befestigt werden) und am wenigsten Oelfarbenanstrich, welcher in neuem Zustande die Permeabilität völlig aufhebt. Wenn nun aber, wie unten gezeigt werden wird, der Anstrich mit Oelfarbe oder ähnlichen Farben für Schulzimmer gefordert wird und die Umfassungsmauern an ihrer Innenseite hiermit versehen werden, so ist es klar, dass die Lufterneuerung durch die Aussenwände hindurch so unbedeutend ist, dass auf dieselbe vollständig verzichtet werden kann (s. auch das Capitel: Natürliche Ventilation).

Was nun die übrigen Wände des Schulzimmers anbetrifft, so stossen sie meistens an andere Klassenzimmer oder an den Corridor. Dass von letzterem Luft durch die Mauern in die Zimmer eintrete, ist nur dann zu wünschen, wenn in ihm durch Ventilationsvorkehrungen für eine gute Beschaffenheit der Luft gesorgt wird. Aus den anstossenden Räumen kann zumeist nur verunreinigte Luft einströmen; doch wird dies nur selten geschehen, weil Luftdruck und Temperatur in den Klassenräumen annähernd gleich sind.

Ebenso kann, wie schon ausgeführt ist, durch die Decken verunreinigte Luft in die darüber befindlichen Räume einströmen oder auch den umgekehrten Weg nehmen, weshalb es sich empfiehlt, sie in diesem Falle luftundurchlässig zu machen, was auch dann geschehen muss, wenn auf der Decke der Fussboden liegt.

Wo also die Gefahr vorliegt, dass durch die Wände und Decken verunreinigte Luft in die Schulzimmer eindringen kann, wird man sie aus luftundurchlässigem Material herstellen bezw. mit einem solchen Anstrich versehen; sonst aber wird man sich den Vortheil der Mauerventilation für die Lufterneuerung nicht entgehen lassen.

Die Flächen der Wände und Decken, wie auch der Anstrich derselben sollen möglichst fest und glatt sein, damit sie selbst nicht die Ursache zur Erzeugung von Staub werden, und damit möglichst wenig Staub an ihnen haftet. Rauher Anstrich ist deshalb zu vermeiden. Wünschenswerth ist es, dass die Wände des Schulzimmers

in bestimmten Zwischenräumen abgewaschen werden; nothwendig wird diese Maassnahme, wenn unter den Kindern, welche das Schulzimmer besuchen, eine ansteckende Krankheit sich gezeigt hat; daher sollte der Anstrich nicht nur widerstandsfähig gegen Anwenduug von Wasser und Seife sein, sondern er müsste auch eine Abwaschung mit desinficirenden Flüssigkeiten gestatten, ohne von letzteren beschädigt zu werden. Wo diese Möglichkeit nicht vorhanden ist, wird bei Ausbruch von Epidemien eine Erneuerung des Wandanstrichs sich als nothwendig erweisen.

Was nun die Arten des Farbenanstrichs anbelangt, so ist der einfache Kalkanstrich wenig geeignet, weil er abbröckelt und die Luft mit Kalkstaub erfüllt, eine rauhe Oberfläche hat, an welcher sich der Staub leicht festsetzt, und keine Abwaschungen verträgt. Besser ist Leimfarbe, da ihre Fläche nicht so rauh ist und auch eine leichte Abwaschung mit Wasser gestattet; am besten ist Oelfarbenanstrich. In jüngster Zeit sind mehrere neue Anstrichcompositionen bekannt geworden, die zwar die Mauerventilation völlig aufheben, aber sonst allen an einen Wandanstrich für Schulzimmer zu stellenden Anforderungen vollkommen entsprechen; es sind dies Porzellan-Emaillefarbe (Rosenzweig und Baumann, Kassel); deutsche Emaillefarbe (Jean Heck, Offenbach a. M.); Dauerfarbe und Lackdauerfarbe (Dr. Münch und Röhrs, Berlin) und Astrafarbe (H. Campe, Cölln-Meissen). Die Porzellan-Emaillefarbe bildet eine glatte, glänzende, porzellanähnliche Fläche, die nicht nur mit Wasser, sondern auch mit Sublimat- und schwacher Karbollösung abwaschbar ist. Sie kann in vielen Fällen als Ersatz für Wandplattenbelag gebraucht werden. Die deutsche Emaillefarbe hat gleiche Eigenschaften; sie wird hart, klebt und reisst nicht und verträgt Abwaschung und Desinfection. Der Anstrich mit Dauer- und Lackdauerfarbe bildet eine glatte, hart und fest werdende Schicht, welche den üblichen Abwaschungen widersteht; die Lackdauerfarbe hat diese Vorzüge noch in erhöhtem Maasse. Der Anstrich mit der Astrafarbe ist matt, abwaschbar, trocknet schnell und wird auf vorgerichtetem Grunde steinhart.

Die Farbe der Wände ist bekanntlich von grossem Einfluss auf die Beleuchtung der Zimmer. Die Wände dürfen nicht zu hell sein, damit sie nicht zu stark reflektiren; die weisse Farbe ist zu meiden, weil sie besonders an hellen Tagen die Augen blendet. Zu dunkle Farben absorbiren zu viel Licht und machen die Schulstuben dunkel. Am besten ist der Anstrich mit einer hellgrauen,

blau- oder grünlichgrauen Mittelfarbe. Die Wände müssen einfarbig gestrichen sein, also kein architektonisches sich wiederholendes Muster haben, weil jedes Muster auf die Dauer die Augen reizt; nur an den Stellen des Deckengesimses können sie mit einer oder zwei andersfarbigen Linien versehen sein. Die Decken sind weiss zu streichen, um das diffuse Licht zu verstärken. Es braucht wohl kaum gesagt zu werden, dass die Farben giftfrei sein müssen.

Der Anstrich der Wände und Decken ist nach Bedarf, thunlichst alljährlich, zu erneuern und so zeitig auszuführen, dass er mit Beginn der Schule völlig trocken ist.

Weil Anstrich und Mörtel an den unteren Theilen der Wände leicht abgestossen werden, so versieht man letztere gern mit einer 1,25—1,50 m hohen Schutzverkleidung. Man kann hierzu Holzpaneele verwenden, die der Schulstube ein freundlicheres Ansehen geben und ausserdem, namentlich an der Fensterwand, zur Abhaltung der Kälte dienen. Sie sind dauerhaft und geben keinen Staub; aber sie sind ziemlich theuer und können zu einer Stätte für Staubablagerung werden, wenn sie des besseren Aussehens wegen oben mit einer vorspringenden Kante abschliessen oder wenn sie nicht gleichmässig eben sind. Diese Eigenschaft und die Erfahrung, dass sich hinter den Holzpaneelen mit der Zeit viel Staub und Schmutz ansammelt, dass selbst allerhand Ungeziefer hinter denselben Zuflucht findet, macht es im Ganzen wünschenswerth, von Holzpaneelen, trotz ihrer sonstigen Vorzüge, Abstand zu nehmen und statt ihrer zu anderen Schutzvorrichtungen der unteren Wandpartien zu greifen. Zum mindesten müssen, wenn man Holzpaneele verwenden will, dieselben nicht facettirt sein und ohne Unterbrechung (ohne Rinnen, ohne vorstehende Kanten) in die darüber liegenden Wandflächen übergehen. — Als vortrefflichen Ersatz des Holzpaneels kann man wegen seiner Härte und Glätte Cementputz nehmen, der entweder mit Oelfarbe oder Emaille-Porzellanfarbe gestrichen wird oder als geglätteter, gebügelter Cementputz buntfarbig (graublau) zur Verwendung kommt. Man kann ferner andere dauerhafte Materialien verwenden, die zwar fürs erste theurer sind, aber durch Haltbarkeit sich allmählich doch billiger stellen. Ferner werden zur Herstellung des Paneels auch besondere Zusammensetzungen von Wandputz empfohlen (Stuckmarmor, Heliolith), die überaus fest sind und eine vollkommen ebene, spiegelglatte, abwaschbare Oberfläche darbieten. Heliolith (A. Möller, Altona) ist eine patentirte Mörtelmischung, die nur in dünner Schicht aufgetragen zu werden braucht und beim

Trocknen durch Bearbeitung mit kleinen Handeisen ihren Glanz erhält. Die Farbe des Paneels kann etwas dunkler sein als die der Wände; doch darf sie nicht zu dunkel gewählt werden, weil sie sonst zu viel Licht absorbirt.

Als empfehlenswerth ist zu bezeichnen, dass in Schulzimmern ähnlich, wie es jetzt für Krankenhaussäle durchgeführt wird, alle Ecken, auch vorspringende Mauerecken, soviel als möglich vermieden werden, um eine leichtere Art der Reinigung zu gewähren und jede Gelegenheit zum Abstossen des Putzes zu verhüten. Daher ist es zweckmässig, die Fensterbrüstungen nicht, wie sonst üblich, einzunischen, sondern mit der Innenwand bündig auszuführen („Erläuterungen“ vom 18. November 1887). Auch dürfen an den oberen Partien der Wände keine vorspringenden Verzierungen (Stuck etc.) angebracht werden, weil sie nur Stätten für Staubablagerung bilden und die Reinigung erschweren. Aus letzterem Grunde soll auch die Decke ebenflächig gestaltet werden, also keine Gewölbedecke sein, wie es auch zweckmässig ist, sie gegen die Seitenwände und diese gegen den Fussboden in hohlkehlartigen Abrundungen abzuschliessen.

C. Grösse des Schulzimmers. Flächenraum.

Die Grösse des Schulzimmers hängt ab von folgenden Beziehungen:

1. Von der Zahl der Kinder, welche in demselben unterrichtet werden sollen.
2. Von der Organisation des Lehrers und der Schüler. (Kraft des Sprachorganes und der Seh- und Hörweite.)
3. Von dem Verhältniss der Länge des Schulzimmers zu seiner Breite.
4. Von dem Alter resp. der Grösse der Schüler, insofern der Sitzraum des einzelnen Schülers nach der Körpergrösse zu bestimmen ist. (Subsellien.)
5. Von den Räumen, welche sich zwischen den Sitzbänken (Subsellien) längs oder quer befinden. (Gänge.)
6. Von dem Raume, welchen der Lehrer für sich und für gewisses Unterrichtsmaterial beansprucht. (Podium und Tafel.)
7. Von dem Raume, welchen der Wandschrank einnimmt.
8. Von dem Raume, welcher für den Heizkörper bestimmt ist.

1. Bei der Zahl der Kinder wird zu unterscheiden sein zwischen Volksschulen und höheren Schulanstalten. Die Volksschule hat für die einzelnen Klassen mit einer erheblich grösseren Schülerzahl zu rechnen als die einzelnen Klassen der höheren Schulanstalt. Bei einer grossen Schülerzahl, 70 und mehr, verliert der Lehrer den Ueberblick, so dass er nicht mehr den einzelnen Schüler ausreichend beachten, die Individualität berücksichtigen kann und der Unterricht in Folge dessen seinen Endzweck verfehlt. So kann sich der Lehrer bei einer zu grossen Schülerzahl beispielsweise im Unterricht im Lesen und Schreiben nur wenig dem einzelnen Kinde widmen; dadurch ist der Erfolg des Schulunterrichts vermindert, und es muss das Maass der von den Kindern zu leistenden häuslichen Arbeit grösser werden. Eine möglichst niedrige Zahl anzusetzen, nöthigt auch die Erwägung, dass mit der Anhäufung einer grösseren Zahl von Kindern die Schwierigkeiten für die Beseitigung der Luftverderbniss wachsen, wie auch die Gefahr grösserer Ausdehnung ansteckender Krankheiten zunimmt; man sollte daher bei der Zahl von 60 Schülern als der höchsten für ein Schulzimmer stehen bleiben (Aerztliches Gutachten über das Elementarschulwesen Elsass-Lothringens)[1]. Burgerstein[2]) tritt entschieden für die Forderung ein, dass die Zahl 50 als keinesfalls zu überschreitendes Maximum festgehalten werde. Die Dresdener Directorenconferenz schlägt vor, die Klassenzimmer der Bezirksschulen für 50, die der Bürgerschulen für 40 Schüler einzurichten.

Den Wünschen auf Herabsetzung der Schülerzahl haben sich die Behörden nicht verschlossen, wie dies aus den in dieser Beziehung erlassenen Bestimmungen ersichtlich ist; freilich sind die zulässigen Maximalzahlen immer noch viel zu hoch. „Als Regel," so heisst es in einer Verfügung der Regierung in Frankfurt a. O., „ist anzusehen, dass ein Lehrer der Volksschule 80 Kinder gemeinsam unterrichte. Unter Umständen, namentlich wenn die Räumlichkeit, die Kraft und die Befähigung des Lehrers es gestatten, wollen wir zugeben, dass die gemeinsam zu unterrichtende Schülerzahl bis auf 100 steigt (!)." Die vom preussischen Unterrichtsministerium erlassenen „Allgemeinen Bestimmungen über das Volksschulwesen in Preussen vom 15. October 1872" fordern, dass die Zahl der Schüler in der einklassigen Volksschule nicht über 80 steige. Nach den „Erläuterungen vom 18. November 1887" gilt hinsichtlich der einem

[1]) A. a. O. p. 59.
[2]) A. a. O. p. 231.

Schulzimmer zu gebenden Abmessungen als Regel, dass mehr als 80 Kinder nicht in einer Klasse zu gemeinschaftlichem Unterricht vereinigt werden sollen und dass nur in seltenen Ausnahmefällen aus besonderen Rücksichten eine etwas grössere Zahl, bis zu höchstens 100 Schülern, zugelassen werde, was nun freilich viel zu viel ist[1]). Berlin hat als Maximalzahlen festgesetzt für die Unterstufe 69, für die Mittelstufe 60 und für die Oberstufe 50. (Auf jede Klasse der Gemeindeschulen in Berlin kamen 1896 im Durchschnitt 52,45 Schüler.) In einer Klasse der über das Ziel der Volksschule hinausgehenden Mädchenschulen (Mittel-Mädchenschulen und höhere Töchterschulen) darf die Zahl der Schülerinnen nicht mehr als 40 betragen (Erl. des preuss. Unterr.-Minist. vom 31. Mai 1894). In den preussischen Gymnasien soll im Höchstfalle die Schülerzahl in den unteren Klassen 50, in den mittleren 40 und in den oberen 30 betragen.

2. Für beide Schülergruppen giebt sich als unbedingtes pädagogisches Postulat kund, dass die auf der hinteren Bank sitzenden Schüler bei vorausgesetzt normaler Sehweite im Stande sein müssen, die Schrift auf der Schultafel deutlich zu erkennen, ebenso wie umgekehrt die Möglichkeit gefordert werden muss, dass der normalsichtige Lehrer von seinem Pulte aus jeden, auch den letzten seiner Schüler genau sehen und hinlänglich beobachten könne. Es wird ferner zu verlangen sein, dass der Raum, welcher den Schülern zum Aufenthalt überwiesen wird, nicht so gross sei, dass der Lehrer denselben nur mit äusserster Kraftanstrengung und bis zur Erschöpfung mit seiner Stimme fülle, sondern dass der Lehrer den auf der letzten Bank sitzenden Schülern bei mässiger Kraftanstrengung verständlich sei. So wird also die Schülerzahl beschränkt durch gewisse, vorzugsweise pädagogische, aber auch in der Naturanlage der menschlichen Organisation bedingte Anforderungen. Es haben nun die Untersuchungen von Zwez[2]) ergeben, dass von 81 Kindern im Alter von 8—14 Jahren

76 Kinder in der Entfernung von 8,459 m und
54 Kinder „ „ „ „ 14,099 m

normale Schreibschrift an der Tafel lesen konnten, dass indess hinter 8,459 m 5 Kinder zurückblieben, welche allerdings kurzsichtig waren. Zwez kommt demgemäss zu dem Schlusse, dass man zwar unbedenklich eine Stubenlänge von 10,715 m zulassen könne, dass in-

[1]) In Oesterreich ist durch Ministerialverordnung vom 9. Juni 1873 die Schülerzahl von 80 als Maximum festgestellt.
[2]) A. a. O. p. 33.

dess die Schwierigkeiten für den Lehrer bezüglich der Beaufsichtigung der Kinder dabei zu gross würden, auch die Stimme nicht mehr ausreichen würde, und dass 9,023—9,587 m als regelmässige Länge für die Schulzimmer der Volksschule zuzulassen sei, 10,151 m indess für das Maximum der Länge gehalten werden müsse. Dem gegenüber spricht die Königliche technische Baudeputation [1]) des preussischen Handelsministeriums in ihrem Gutachten für die räumliche Disposition von Gebäuden für höhere Schulanstalten aus, dass für Schulzimmer das Maass der Länge von 9,416 m als Maximum zu betrachten sei, weil erfahrungsgemäss die äusserste Entfernung, in welcher der Schüler die Schrift noch deutlich zu lesen vermag, 8,160—8,474 m betrage. In der wiederholten Vorschrift vom Jahre 1879 wird dieses Maass festgehalten und bestimmt auf 9,5 m normirt. Der preussische Ministerialerlass vom 9. April 1879 hält es für richtig, das Schulsäle nicht länger als 9 m angelegt werden, und begründet wird dies in einem Erlass vom 14. Januar 1880 folgendermassen: Erfahrungsgemäss ist ein mittelgutes Auge nicht im Stande, über 9 m hinaus kleinere Gegenstände, etwa Schriftzeichen u. s. w., sicher zu erkennen; auch dem Lehrer wird der Ueberblick über die Gesammtzahl der Schüler übermässig durch die grosse Länge erschwert.

Mit dieser Anordnung stimmt auch im Wesentlichen die Forderung von Erismann überein. Von der Berechnung ausgehend, dass ein Schüler von der hintersten Bank die an die Tafel geschriebenen Zeichen von 3 cm Grösse nur dann erkennen kann, wenn die Richtungsstrahlen der Schriftzeichen im Knotenpunkte des Auges einen Winkel von wenigstens 10 Minuten darstellen, kommt er ebenfalls auf die Länge von 9 m. — Das Münchener Bauprogramm lässt eine Länge von 10 m zu. — Die Bauinstruction der Regierung zu Breslau setzt fest, dass die Länge des Schulzimmers 9 m nicht übersteige, weil die äusserste Entfernung, in welcher der Schüler die Schrift an der Schultafel noch deutlich zu lesen vermag, erfahrungsgemäss 8,2 m betrage. In Oesterreich ist eine Maximallänge von 12 m zulässig. Hinträger giebt 8,5—9 m an. Hittenkofer: 9 m. Nach Behnke soll eine Länge von 11 m nicht überschritten werden. Burgerstein: 9 m.

3. Bei solchermassen gegebener Länge des Schulzimmers muss die Tiefe desselben auf höchstens 7 m beschränkt werden, wenn

---

[1]) Centralblatt für die gesammte Unterrichtsverwaltung. 1869. p. 289.

die Möglichkeit vorhanden sein soll, dass bei der von einer (der linken) Seite gewährten Beleuchtung alle Plätze des Zimmers hinlänglich Helligkeit haben. Wie ausserordentlich schnell die Lichtintensität mit der Entfernung von dem Fenster abnimmt, zeigt Huth, der 1888 in Berliner Gemeindeschulen mit Webers Photometer das Tageslicht maass. So ergaben sich z. B. in einem Parterrezimmer 1 m vom Fenster 354—420 Meterkerzen, 5 m vom Fenster 25—46 Meterkerzen und 7 m vom Fenster nur 5—16 Meterkerzen. Die Zimmertiefe bis zu dem vom Fenster entferntesten Sitz soll nicht mehr als die anderthalbfache Höhe des oberen Fensterrandes vom Fussboden betragen. Es wird also eine durch die Fensteroberkante unter 30° gezogene Linie diesen entferntesten Sitz noch treffen müssen (Hinträger). Die Königlich technische Baudeputation empfiehlt als Tiefe 5,7—7,0 m; nach dem Münchener Programm soll die Tiefe des Schulsaales höchstens 7,20 m betragen, wenn die Länge 10 m ist; nahezu in Uebereinstimmung damit giebt Zwez eine Tiefe oder Breite von 6,767 m, ausnahmsweise von 7,331 m als äusserste. Nach der Bauinstruction der Regierung zu Breslau ist es aus constructiven Gründen erwünscht, die Tiefe nicht über 6 m auszudehnen.

Durch das Verhältniss der Länge zur Breite ist aber, wie man erkennt, nicht allein das Maximum der für das Schulzimmer bestimmten Grundfläche gegeben, sondern auch gewissermassen dessen Gestalt als ein Oblong vorgeschrieben. Die quadratische Grundform wird somit nur für kleinere Klassenzimmer zulässig und anwendbar. Es ist schon angedeutet, dass das Licht nur von einer Seite den Schülern zugeführt werden soll. Aus physikalischen Gründen leuchtet ein, und wir werden bei der Frage der Beleuchtung noch näher darauf einzugehen haben, dass die beste Beleuchtung aller Theile des Schulzimmers erzielt wird, wenn die Fenster an der Längsseite desselben angebracht werden (Langklassen); der Lehrer wird an der einen kürzeren Wand seinen Platz zu nehmen haben. Es müssten geradezu zwingende Gründe den Architekten bestimmen, die kürzere Seite des Oblongums als Fensterseite zu nehmen (Tiefklassen) und solchermassen den Platz des Lehrers an die eine der Langseiten hin zu verlegen. Diese Klassen sollen aber auch nicht mehr als 8,5 m Tiefe erhalten (Hinträger); denn der an der kurzen Wand sitzende Lehrer wird keine zu breite Fläche der vor ihm sitzenden Schüler haben dürfen — nicht mehr als 8 Kinder in einer Reihe —, weil er sonst nur dann in der Lage wäre, die gesammte Schülerzahl zu überblicken, wenn er rechts- und linksseitige Kopf-

bewegungen macht; auch würde die allzugrosse Tiefe (Breite) der Schülersitze in einer Reihe dieselben des Lichtes in störender Weise berauben. Demgemäss wird von vornherein ein gewisses Verhältniss zwischen Länge und Breite festzuhalten sein, welches aus pädagogischen und gesundheitlichen Zweckmässigkeitsgründen nicht überschritten werden darf, und zwar spricht Zwez sich nach eingehenden Betrachtungen über dieses Verhältniss dahin aus, dass die Breite des Zimmers nicht unter $^2/_3$ und nicht über $^3/_4$ der Länge betragen dürfe; auch Lang nimmt das Verhältniss der Seiten des Rechtecks, welche das Schulzimmer darstellen, am passendsten als 3:4 an. Nach Erismann ist das Verhältniss von Tiefe zur Länge am besten wie $^2/_3$—$^3/_4$: 1. Nach der Bauinstruction der Regierung zu Breslau ist das Verhältniss der Länge zur Breite nicht unter 5:3 anzuordnen; die angemessenste Grundform liegt zwischen diesem Verhältnisse und dem von 4:3.

Bei Klassenräumen mit verhältnissmässig geringer Grundfläche kann auch die Quadratform gewählt werden, weil die Abmessungen nicht bedeutend sind und die Schüler vom Lehrer leicht übersehen werden können (Regierung zu Breslau; Oesterreichische Vorschrift von 1873). Die Langklassen sind, wenn sie nicht zu grosse Tiefe haben, in hygienischer Beziehung am vollkommensten und gestatten die beste Besetzung. Tiefklassen sind möglichst zu vermeiden und nur für eine kleinere Schülerzahl zweckentsprechend zu benutzen. (S. die Abbildung 65 über Lang- und Tiefklassen p. 236.)

4. Bis hierher sind nur in mehr allgemeinen Angaben die Bedingungen gegeben, welche bei Bemessung der Grundfläche des Schulzimmers zu walten haben; indem wir nun zur Angabe desjenigen Raumes übergehen, welcher jedem Schüler im Verhältnisse seiner Körpergrösse gebührt, wenn anders sein Aufenthalt in dem Schulzimmer ein zuträglicher und gesundheitsgemässer sein soll, gelangen wir zu bestimmten, festzuhaltenden Maassen. Es wäre hier der Platz, auf die ganze Frage der normalen Beschaffenheit der Schulbänke überzugehen und alle diejenigen Gesichtspunkte zu erläutern, welche für die Raumbestimmung der Schultische und Schulbänke (Subsellien) je nach der Verschiedenheit der Altersstufen und der Körpergrösse der Kinderwelt maassgebend sind, indess ist diese Frage von so hervorragender hygienischer Bedeutung und hat eine so bedeutende eigene Literatur hervorgerufen, dass derselben später ein eigenes Capitel gewidmet wird. Wir anticipiren deshalb hier nur die Ergebnisse der später zu gebenden Abhandlung und stellen, dem Vorgehen Varren-

trapp's[1]) folgend, diejenigen Maasse zusammen, welche von den einzelnen Forschern in dieser Frage gefordert worden sind. Es ist kaum glaublich, welche Verschiedenheit in den Anforderungen vorhanden ist.

Man erkennt leicht, dass die Tiefe, welche ein Schultisch einnimmt, sich aus folgenden Factoren zusammensetzt:

a) Aus der Breite der Tischplatte.

b) Aus dem Horizontalabstande des inneren Randes der Tischplatte von dem vorderen Rand der Sitzbank (Distanz).

c) Aus der Breite der Sitzbank.

d) Aus der Dicke der Rückenlehne und ihrer etwaigen Rückwärtsbiegung[2]).

Die Länge wird gemessen an der Strecke, welche der Schüler von dem Tische absorbirt, wenn er in bequemer Schreibhaltung vor demselben sitzt. Es wird alsdann die Fläche, welche der Schüler überhaupt einnimmt, sich aus der Multiplication der Länge mit der Tiefe in quadratischen Maassen ergeben.

Es verlangen für das einzelne Schulkind	Breite der Tischplatte m	Horizontale Distanz des inneren Randes der Tischplatte u. des vorderen Randes der Bank m	Breite des Banksitzes m	Länge des Sitzraumes an Bank und Tisch m	(Quadrat-) Fläche qm
Pappenheim nach den Altersstufen:					
5—7 Jahr . .	0,209	0,131	0,209	0,497–0,523	0,274
7—10 „ . . .	0,262	0,183	0,235	0,602	0,409
10—14 „ . . .	0,314	0,209	0,288	0,628–0,654	0,509–0,530
14 und darüber .	0,314	0,209–0,235	0,314	0,680–0,706	0,569–0,609
Bock	0,314–0,392	0,078–0,105	0,235	0,628	0,393–0,459
Zwez					
6—10 Jahr . .	{0,28–0,38 / 0,38	0,07–0,088	0,18-0,207	0,472–0,508	0,250-0,343
10—14 „ . .	—	0,106-0,123	0,224–0,237	0,542–0,565	0,365
14—18 „ . .	—	0,139-1,152	0,259–0,282	0,628	0,447
Lang	0,308–0,403	0,084–0,142	0,190–0,261	0,475–0,571	0,276–0,460
Guillaume . .	0,36–0,54	0,045	0,27–0,39	0,600	0,405–0,585
Fahrner . . .	0,45	0–minus 0,03	0,24–0,33	0,600	0,414–0,450

[1]) G. Varrentrapp, l. c. p. 472.

[2]) Im Ganzen unbedeutend und deshalb in der Tabelle unberücksichtigt geblieben.

Es verlangen für das einzelne Schulkind	Breite der Tischplatte m	Horizontale Distanz des inneren Randes der Tischplatte u. des vorderen Randes der Bank m	Breite des Banksitzes m	Länge des Sitzraumes an Bank und Tisch m	(Quadrat-) Fläche qm
Meyer	0,45	—	—	—	—
Frey	0,45–0,51	0,015–0,03	0,225–0,255	0,52–0,60	0,358–0,460
Hermann . . .	0,392	minus 0,052–0,078	0,248–0,327	0,471–0,628	0,277–0,402
Buchner . . .	0,471	minus 0,052	0,262–0,301	0,549–0,628	0,374–0,452
Parow	0,471	0	—	—	—
Preuss. Modell auf der Pariser Ausstellung	0,301–0,327	0,052–0,091	0,210–0,235	—	—
Berliner Schuldeputation	0,301–0,327	0,052–0,091	0,222–0,262	—	—
Verfügung der Regierung in Cöln, 24. Juli 1865 . .	0,340–0,392	0,078	0,183–0,235	—	—
Verfügung der Regierung in Breslau, 21. Jan. 1856	0,340–0,471	0,105–0,157	0,209–0,262	0,628	0,410–0,558
Pädagog. Section in Breslau	0,392	0–min. 0,026	0,262	0,628	0,410–0,394
König-Wilhelms-Gymn., Berlin .	0,366	0,078–0,157	0,235–0,301	0,471–0,680	0,319–0,560
Bremer Verein f. öff. Gesundheitspflege	—	0,026 höchst.	0,235–0,340	—	—
Züricher Verordnung vom 26. Brachm. 1861 .	0,45	0,075	0,300	0,450–0,600	0,371–0,495
Badische Verfügung vom 26. Mai 1868	0,36–0,42	0,03–0,075	0,24–0,27	0,60	0,378–0,459
Württemb. Verordn. vom 29. Mai 1868	0,443–0,486	0,033–0,062	0,229–0,319	0,457–0,687	0,322–0,595
Varrentrapp . .	0,39–0,45	0	0,28	0,50–0,60	0,335–0,438 m. Berechn. der Lehne = 0,486
Verordn. d. sächs. Cultusministerms. v. 3. April 1873					
6—8 Jahre alt .	0,40 wagerechter + schiefer Theil	0	0,23	0,56	0,352

Es verlangen für das einzelne Schulkind	Breite der Tischplatte	Horizontale Distanz des inneren Randes der Tischplatte u. des vorderen Randes der Bank	Breite des Banksitzes	Länge des Sitzraumes an Bank und Tisch	(Quadrat-) Fläche
	m	m	m	m	qm
8—10 Jahr alt .	0,40	0	0,25	0,56	0,364
10—12 „ „ .	0,40	0	0,27	0,56	0,375
12—14 „ „ .	0,40	0	0,29	0,56	0,386
14—16 „ „ .	0,40	0	0,31	0,56	0,397
16—18 „ „ .	0,40	0	0,33	0,56	0,468
Kunze-Schildbach Grösse der Kinder					
1,03—1,12 . . .	0,28	zusammen 0,273—0,293		0,48	0,265—0,275
1,12—1,25 . . .	0,31	dto. 0,313—0,323		0,51	0,317—0,322
1,25—1,42 . . .	0,34	dto. 0,343—0,353		0,54	0,368—0,374
1,42 bis über 1,63	0,37	dto. 0,373—0,393		0,57	0,423—0,434
Neue Dorotheenstädt. Realschule (Kleiber)					
Stufen 1 . . .	0,41	0	0,24	0,52	0,388
Stufen 2 . . .	0,41	0	0,24	0,55	0,357
Stufen 3 . . .	0,43	0	0,27	0,58	0,406
Stufen 4 . . .	0,48	0	0,30	0,61	0,475
Buhl-Linsmayer					
0,97—1,03 . . .	0,45	min. 0,08	0,25	0,49	0,304
1,04—1,10 . . .	0,45	— 0,08	0,28	0,51	0,331
1,11—1,18 . . .	0,45	— 0,08	0,30	0,54	0,362
1,19—1,25 . . .	0,45	— 0,08	0,32	0,56	0,386
1,26—1,34 . . .	0,45	— 0,08	0,34	0,60	0,426
1,35—1,40 . . .	0,45	— 0,08	0,36	0,62	0,452
Kayser's System in 7 Grössen					
Beschränkte Grösse . . . 1)	. zusammen 0,68			0,50	0,34
Halbbeschränkt 2)	. . . . . 0,68			0,55	0,374
Beschränkt normal . . 3)	. . . . . 0,75			0,55	0,412
Normal . . . 4)	. . . . . 0,75			0,60	0,45
Erweitert normal . . . . 5)	. . . . . 0,75			0,68	0,51
Halberweitert . 6)	. . . . . 0,85			0,68	0,578
Erweitert . . 7)	. . . . . 0,85			0,75	0,6375

Es verlangen für das einzelne Schulkind	Breite der Tischplatte m	Horizontale Distanz des inneren Randes der Tischplatte u. des vorderen Randes der Bank m	Breite des Banksitzes m	Länge des Sitzraumes an Bank und Tisch m	(Quadrat-) Fläche qm
Lickroth (Fabrik: Simon & Comp., Berlin)					
Grösse der Kinder					
1,00—1,15 m		zusammen 0,62–0,66		0,50	0,31–0,33
1,16—1,30 „		0,64–0,68		0,53	0,3392–0,3604
1,31—1,40 „		0,67–0,72		0,56	0,3752–0,4032
1,41—1,56 „		0,69–0,74		0,60	0,414–0,444
1,57—1,68 „		0,72–0,78		0,63	0,4536–0,4914
1,69—1,80 „		0,75–0,82		0,65	0,4875–0,533
L. G. Vogel in Düsseldorf					
Grösse der Kinder					
1,21 m		zusammen 0,63		0,50	0,315
1,30 „		0,64		0,53	0,3392
1,41 „		0,70		0,56	0,392
1,52 „		0,77		0,60	0,462
1,61 „		0,82		0,63	0,5166
1,72 „		0,85		0,65	0,5525
1,82 „		0,90		0,67	0,603
Lickroth-Dresden					
1,00—1,15 m	0,32	minus 0,03	0,24	0,50	0,270 (0,340)[1]
1,16—1,30 „	0,33	0,03	0,26	0,53	0,296 (0,376)
1,31—1,40 „	0,34	0,03	0,28	0,56	0,330 (0,414)
1,41—1,56 „	0,35	0,03	0,30	0,60	0,372 (0,462)
1,57—1,68 „	0,36	0,03	0,32	0,63	0,409 (0,504)
Kapferer					
0,90—1,10	0,42	minus 0,02	0,28	0,60	0,408
1,10—1,25	0,42	0,02	0,28	0,60	0,408
1,25—1,40	0,42	0,025	0,30	0,60	0,420
1,40—1,55	0,45	0,025	0,30	0,60	0,438
1,55—1,70	0,45	0,03	0,31	0,60	0,438
Elsässer					
1,10—1,20		zusammen 0,69		0,54	0,372
1,21—1,30		0,72		0,55	0,396
1,31—1,40		0,75		0,57	0,427
1,41—1,50		0,77		0,58	0,446
1,51—1,60		0,80		0,60	0,480
1,61—1,70		0,85		0,61	0,518

[1]) Die eingeklammerten Zahlen geben das Raumbedürfniss unter Berücksichtigung der nach rückwärts geneigten Lehne an (Berechnung der Fabrikanten).

Es verlangen für das einzelne Schulkind	Breite der Tischplatte m	Horizontale Distanz des inneren Randes der Tischplatte u. des vorderen Randes der Bank m	Breite des Banksitzes m	Länge des Sitzraumes an Bank und Tisch m	(Quadrat-) Fläche qm
Hippauf					
Mittelgrösse: 115	0,30	minus 0,02	0,20	—	—
125	0,32	0,02	0,22	—	—
135	0,34	0,03	0,24	—	—
145	0,36	0,03	0,26	—	—
155	0,38	0,04	0,28	—	—
165	0,40	0,04	0,30	—	—
Halberstädter Normalbank					
I	zusammen	0,69		0,50	0,345
II		0,73		0,50	0,365
III		0,79		0,55	0,434
IV		0,84		0,60	0,504
Marsch					
I	zusammen	0,60		0,65	0,390
II		0,62		0,65	0,385
III		0,65		0,70	0,455
IV		0,70		0,75	0,525
Hittenkofer					
1,12—1,21	0,40	—	0,23	0,56	0,352
1,22—1,31	0,40	—	0,25	0,56	0,364
1,32—1,41	0,40	—	0,27	0,56	0,375
1,42—1,51	0,40	—	0,29	0,56	0,386
1,52—1,61	0,40	—	0,31	0,56	0,397
1,61—1,71	0,40	—	0,33	0,56	0,408
Rettig					
unter 1,09	zusammen	0,61		0,58	0,353
1,10—1,16		0,63		0,58	0,365
1,17—1,24		0,65		0,58	0,377
1,25—1,32		0,67		0,58	0,388
1,33—1,41		0,70		0,58	0,406
1,42—1,50		0,73		0,58	0,423
1,50—1,60		0,75		0,58	0,435
1,60—1,70		0,78		0,58	0,466

Nimmt man nun, ohne dass man einstweilen auf die Frage von der Berechtigung der angegebenen Zahlen genauer eingeht, aus obiger Tabelle die etwaigen Mittelzahlen heraus und geht von der Voraussetzung zweisitziger Pulte aus, so ergiebt sich folgende Aufstellung:

	für jüngere Kinder:	für ältere Kinder:
Nimmt man die Breite der Tischplatte an	= 0,35 m	0,45 m
Breite der Bank sammt Lehne .	= 0,30 „	0,40 „
so ergiebt sich die Tiefe des Pultes	= 0,65 m	0,85 m
Es werden 8 hinter einander stehende Pulte einnehmen eine Tiefe	= 5,20 „	6,80 „
Die Länge je eines Platzes für 1 Schüler wird anzunehmen sein	= 0,50 m	0,60 m
d. i. bei der Annahme von 3 neben einander stehenden zweisitzigen Pulten	= 3,0 m	3,60 m

Diese Grössen würden sich demnach ergeben für eine Zahl von 48 Schülern, und es resultirt daraus eine Gesammtgrundfläche von 15,60 qm für jüngere, von 24,48 qm für ältere Schüler,

d. i. per Kopf jüngerer Schüler = 0,325 qm,
älterer Schüler = 0,510 qm.

5. und 6. Zu diesen Grössen kommen nun noch hinzu die Maasse für den Raum, welchen einerseits der Lehrer mit dem ihm nothwendigen Lehrmaterial, Tafel und Wandschrank braucht, und welcher andererseits bedingt ist durch die Gänge, mittelst deren die Schüler zu ihren Plätzen und auch der Lehrer zu ihnen gelangt.

Für den Lehrer, dessen Podium, die Tafel und den vor den ersten Subsellien befindlichen Gang werden gewöhnlich 2,00 m beansprucht,

für denjenigen Gang, welcher die letzte Sitzbank von der Wand scheidet . . . . 0,75 „
2,75 m

welche sich demnach zu der oben gefundenen Zahl für die Tiefe der gesammten Subsellien addirt.

	für jüngere Kinder:	für ältere Kinder:
So resultirt insgesammt eine Länge des Zimmers	= 5,20 m	6,80 m
	+ 2,75 „	+ 2,75 „
	7,95 m	9,55 m

welche, wie man erkennt, mit der oben aufgestellten Maximallänge ziemlich genau übereinstimmt.

Für die Tiefe des Zimmers kommen in Anrechnung 4 Gänge, welche sich parallel der langen Fensterwand zwischen und neben

den Subsellien befinden; den dem Fenster zunächst befindlichen dürfte man mit

		0,35 m
die beiden mittleren mit je .	0,7 =	1,40 „
den der Wand entlang gehenden mit		0,90 „ veranschlagen,
	Summa =	2,65 m

Addirt man diese Summe zu den oben gefundenen Zahlen hinzu, so ergiebt sich

	für jüngere Schüler:	für ältere Schüler:
	3,00 m	3,60 m
	2,65 „	2,65 „
in Summa	= 5,65 m	= 6,25 m

als die Tiefe des Zimmers.

Man erkennt, dass man mit der Zahl von 48, und wenn man wegen der Nähe des in der Schulstube vorhandenen Ofens etwa 2 Plätze fortfallen lässt, für 46 Schüler, solchermassen in den oben vorgeschriebenen Grenzen sich bewegend, vortrefflich durchkommt. Es berechnet sich die gesammte Grundfläche des Zimmers alsdann auf

	für jüngere Kinder:		für ältere Kinder:
	44,9 qm		59,6 qm
also per Kopf	0,976 „	per Kopf	1,295 „

Die Gestalt dieses Zimmers dürfte durch beifolgende Figur 60 illustrirt sein.

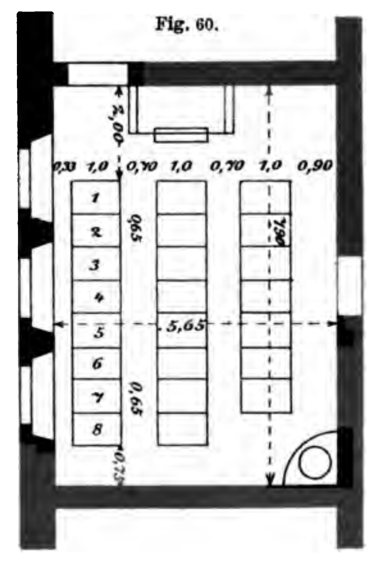


Fig. 60.

Es wird diese Bauart, wie einleuchtet, für höhere Schulen dem Bedürfnisse und den hygienischen Anforderungen vollkommen entsprechen, weil die Mehrzahl der Klassen kaum auf eine höhere Schülerzahl zu rechnen hat und im Interesse des Unterrichts auch nicht rechnet. Anders liegt die Sache bei den Volksschulen. Wollte man bei diesen, entsprechend den Maximalzahlen der neueren behördlichen Anordnungen, mit ca. 80 Schülern rechnen und die eben entwickelten Bedingungen der Berechnung zu Grunde legen, wobei wir indess von den älteren, also über 14 Jahre alten Schülern gänzlich absehen, da solche in der Volksschule nur ausnahms-

weise vorhanden sind, so würde das Schulzimmer sich folgendermassen gestalten:

Es würden bei einer Aufstellung der Subsellien in 3 Reihen in jede derselben 13 kommen, was einer Schülerzahl von 3 × 2 × 13 = 78 entspräche.

Es würden 13 Subsellien an Länge einnehmen . .	8,45 m
Lehrerraum und letzter Gang	+ 2,75 „
Summa	11,20 m

Die Tiefe würde dieselbe bleiben.

Es würde solchermassen die Länge des Schulzimmers das oben entwickelte Maximum von 9,55 m überragen um . 1,65 m

was nur ungern zu gestatten wäre, weil der Zweck des Unterrichts damit gefährdet wird. — Auf der andern Seite würde eine Umstellung der Subsellien in 4 Reihen von je 10 Subsellien eine Tiefe des Raumes erfordern

von . . . . 7,35 m

was eine so schlechte Beleuchtung der 4. Subsellienreihe verursachen würde, dass von gesundheitlichem Standpunkte ernst dagegen zu remonstriren wäre. Für die oben angenommene Normalzahl von 60 Schülern würden sich dagegen die Verhältnisse folgendermassen gestalten:

Bei 3 Reihen von je 10 Subsellien würde die Länge des Zimmers werden	6,50 m
für Lehrer und letzten Gang	+ 2,75 „
Summa	9,25 m

was allerdings noch in die Grenzen des Normalen fällt. — Daraus geht hervor, dass, wenn man in einem normalen Schulzimmer die Schüler der Volksschulen zweisitziger Subsellien will theilhaftig werden lassen, die Schülerzahl in der Klasse wohl nicht über 60 hinausgehen darf.

Sieht man von den zweisitzigen Subsellien ab und nimmt viersitzige, die es noch immer ausreichend ermöglichen, dass die Kinder ohne grosse Belästigungen ihrer auf derselben Bank sitzenden Kameraden austreten können und dass auch der Lehrer zu jedem Schüler gelangen kann, so ergeben sich schon für 72 Schüler nicht zu duldende Raumabmessungen:

9 Bänke hintereinander erfordern	für jüngere Kinder:	für ältere Kinder:
eine Tiefe von	5,85 m	7,65 m
dazu Lehrerraum und letzter Gang	2,75 „	2,75 „
	8,60 m	10,40 m

Die Länge von 10,40 m ist aber zu gross, und so geht es nicht an, 72 grössere Kinder in dieser Weise unterzubringen. Nehmen wir nur 64 grössere Kinder an, so sind 8 Bänke mit einer Gesammttiefe von 6,80 m erforderlich, so dass die gesammte Länge des Schulzimmers sich auf 9,55 m stellt, also ein Maass erreicht, das noch zulässig ist.

Bei der Tiefe des Zimmers kommen in Ansatz:

	für jüngere Kinder:	für ältere Kinder:
2mal 4 Plätze	à 0,50 m = 4,00 m	à 0,60 m = 4,80 m
Gang an der Fensterwand	0,35 „	0,35 „
1 Mittelgang	0,70 „	0,70 „
Gang an der Mittelwand .	0,90 „	0,90 „
	Summa 5,95 m	Summa 6,75 m

Ein Zimmer von der berechneten Tiefe ist eigentlich ebenfalls schon als nicht geeignet zu beurtheilen, weil den am weitesten von den Fenstern entfernt liegenden Schülerplätzen nur schwierig ausreichendes Tageslicht zugeführt werden kann.

Nehmen wir längere feste Subsellien, so ergiebt sich das Bedürfniss, hinter jeder Bank oder wenigstens hinter der 2., 4., 6. und 8. einen Gang zu belassen, aus leicht durchsichtigen pädagogischen Gründen. Zwez [1]) hält diese Gänge für sehr nothwendig, so dass er sich irgendwo anders lieber eine Raumersparniss würde gefallen lassen als gerade hier, und fordert für jeden 0,33 m Breite. Wird dieser Forderung genügt, so leuchtet ein, dass das Zimmer beträchtlich länger werden muss als sonst.

Hat man die Aufgabe, für eine Schülerzahl von 80 sich einzurichten, so wird man bei einer ununterbrochenen Bank 8 Schüler in eine Reihe setzen. Es würde nun hinter jeder Bank ein Quergang von 0,33 m zu belassen sein, was bei 10 Gängen = 3,3 m wäre; da dies aber augenscheinlich sehr beträchtlich ist, so genügt es, wenn hinter der 2., 4., 6. und 8. Bank je ein Quergang käme, d. h.

4 Gänge à 0,33 m . . . . =	1,32 m
hinterer Gang und dazu der Platz für den Lehrer =	2,75 „
endlich die Summe der Subsellientiefe für jüngere Kinder = 10 × 0,65 m . . . . =	6,50 „
Länge =	10,57 m

was die oben aufgestellte Maximalzahl wenn auch nur um ca. 1 m,

[1]) Zwez, l. c. p. 123.

doch immerhin um so viel überragt, dass diese Länge einen geübten und mit guter Gesundheit ausgestatteten Lehrer voraussetzen würde.

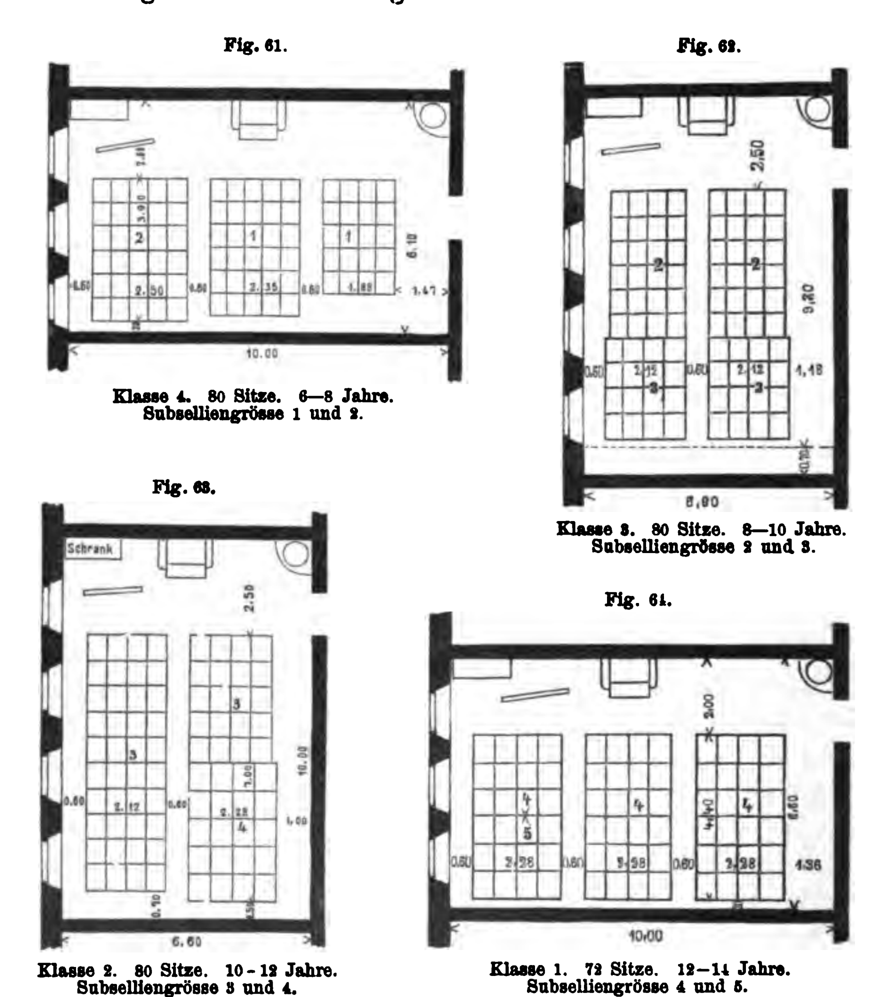


Fig. 61. Klasse 4. 80 Sitze. 6—8 Jahre. Subselliengrösse 1 und 2.

Fig. 62. Klasse 3. 80 Sitze. 8—10 Jahre. Subselliengrösse 2 und 3.

Fig. 63. Klasse 2. 80 Sitze. 10-12 Jahre. Subselliengrösse 3 und 4.

Fig. 64. Klasse 1. 72 Sitze. 12—14 Jahre. Subselliengrösse 4 und 5.

Für die Tiefe des Zimmers müsste man verlangen

1. Länge der Sitze à 0,6 m*) $= 8 \times 0,6 = 4,8$ m
2. 2 Längsgänge à 0,9 m $= 2 \times 0,9 = 1,8$ „

Summa 6,6 m

was für den Lehrer noch gut zu übersehen ist, für die Beleuchtung indess sich schon schwieriger gestaltet. Hierbei ist überdies von denjenigen Plätzen, welche etwa durch den Ofen verloren gehen, gänzlich abgesehen worden. Rechnet man diese 2 ab, so bedarf es

*) Etwas mehr für je einen Schüler als bei zweisitzigen Subsellien, wo beide Schüler je einen Arm frei haben.

also für 78 Kinder einer Grundfläche von 66,79 qm, d. i. pro Kopf 0,85 qm.

Vogel in Düsseldorf giebt für seine Subsellien, auf welche wir später ausführlich zurückkommen, wenn er die für Preussen vorgeschriebenen Maasse der Volksschulklassen und eine Schülerzahl von 72—80 zu Grunde legt, die Aufstellungen, wie sie in Fig. 61, 62, 63 und 64 dargestellt sind und keiner weiteren Erläuterung bedürfen.

In den Berliner Gemeindeschulen [1]) ist je nach der Gestalt der Klassen die Anlage der Gänge in denselben verschieden; zumeist befindet sich ein Hauptgang längs der Mittelwand des Gebäudes (0,90—1,05 m breit), ein Gang am Fenster (0,3—0,4 m), ein Zwischenraum zwischen letzter Bank und Wand (0,62—0,90 m) und der Raum zwischen Katheder und erster Bank (gleichfalls 0,62 m). Ausserdem befindet sich in Längsklassen noch ein Mittelgang zwischen den Schulbänken in einer Breite von 0,3—0,5 m; in Tiefklassen sind in der Regel 2 solcher Gänge parallel zur Fensterwand zwischen den drei- bis viersitzigen Bänken von je 0,5 m Breite. — Das Maximum der Klassentiefe ist auf 7,0—8,0 m, das Maximum der Länge auf 9,50 m festgesetzt. Nachstehend folgen die Grössen einiger Klassenzimmer der Gemeindeschulen:

		Länge m	Tiefe m	im Ganzen qm	pro Kopf qm
Ackerstrasse		9,180	5,649	51,858	0,868
Kastanien-Allee		9,416	5,806	54,669	0,911
Stallschreiberstrasse		6,434	5,806	37,355	0,622
Wasserthorstrasse		6,277	8,160	51,220	0,853
Von den Behörden vorgeschrieben sind:					
Nach dem Gutachten der Kgl. Technischen Bau-Deputation	jüngere	56 Schüler		45,220	0,887
	mittlere	50 „		45,220	0,900
	ältere	—		—	1,084—1,182
Preussen, in Volksschulen		—		—	0,600
in Gymnasien und Vorschulen					
in den Unterklassen		—		—	0,900—1,000
in den Mittelklassen		—		—	1,000—1,100
in den Oberklassen		—		—	1,100—1,200
Hessen		—		—	0,800
Baden		—		—	0,800
Württemberg		—		—	0,636

[1]) Gerstenberg, l. c. p. 499.

	Tiefe m	im Ganzen qm	pro Kopf qm
Bayern 8—12 Jahren	—	—	0,310 unberechnet der Fläche für Lehrer und Gänge
Bayern 10 „	—	—	0,374
Bayern 12 „	—	—	0,445
Sachsen, bei Neubauten	—	—	0,591—0,690
Oesterreich	—	—	0,600
In der Literatur verlangt:			
Lang	—	—	1,182
Raschdorf	—	—	0,477—0,596
Oesterlen	—	—	0,788—1,182
Verein für öffentliche Gesundheitspflege in Bremen f. 8jähr. Kinder	—	—	1,084
„ „ „	—	—	1,182
„ ältere „	—	—	1,281—1,576
Hornemann	—	—	0,887—1,379
Erismann	—	—	1,480
Aerztl. Gutachten. Elsass-Lothringen	—	—	1,000
Hinträger	—	—	1,000—1,400

Vergleicht man die Maasse der ersten und dritten Gruppe mit denen der zweiten, welche die behördlichen Festsetzungen enthält, so erkennt man leicht, dass die letzteren beträchtlich hinter denjenigen zurückbleiben, welche von der Gesundheitspflege gefordert werden.

Im Allgemeinen erstreben auch die Behörden, den auf jedes Kind entfallenden Flächenraum nach Möglichkeit zu vergrössern. Während das preussische Cultusministerium 1872 als Minimum 0,6 qm forderte, setzen die von derselben Behörde 1887 veröffentlichten Erläuterungen fest, dass bei ganz grossen Klassen etwa 0,64 qm auf jedes Kind kommen muss, welcher Satz sich mit Abnahme der Klassengrösse bis zu 0,74 qm steigert. Bemerkt sei, dass hierbei wenigstens vier- und fünfsitzige Bänke angenommen sind. Zweisitzige Bänke erfordern bei weitem mehr Raum, etwa 1,00 bis 1,20 qm für jeden Schüler.

7. Der Wandschrank, welcher in den preussischen Schulen in der Schulstube vorhanden sein muss, wird an der Wand Platz finden, welche für das Podium des Lehrers bestimmt ist, und wird demnach, da er hier mit eingerechnet worden ist, nunmehr für die weitere Berechnung der Grundfläche wegfallen.

8. Um für die Berechnung der Grundfläche denjenigen Raum, welchen der Ofen einnimmt, möglichst zu beschränken, empfiehlt Zwez, denselben an der Mittelwand in dem hier befindlichen langen Hauptgange aufzustellen. Es wird von der Anordnung des ganzen

Zimmers abhängen, insbesondere von der Lage der Thüre, ob der Ofen in der Mitte dieser Wand oder mehr nach der kurzen Wand hin zu stehen kommt. In jedem Falle fallen um des Ofens willen, schon wegen der von ihm ausgestrahlten Wärme, einige, gewöhnlich wohl 2—3 Schülerplätze aus. In denjenigen Schulzimmern, welche keine Oefen haben, sondern mit Centralheizung versehen sind, wird die volle Schülerzahl, für welche der Raum a priori berechnet ist, zur Geltung kommen.

Zum Schluss unserer Ausführungen über die Raumdisposition möchten wir noch eine Reihe von Skizzen (Fig. 65) vorführen, welche von Herrn Matzdorff, Stadtbauinspector in Berlin, selbst entworfen und uns durch die sehr dankenswerthe Freundlichkeit desselben aus dem Baubureau des Berliner Magistrats zur Verfügung gestellt sind. Dieselben sollen als eine Art Mustervorlagen für die Grundrisse der neu zu errichtenden Berliner Schulklassen dienen. Die Langklassen der ersten senkrechten Reihe sind 8,16 m lang und 6,50 m tief. An der einen Schmalwand steht auf einem mit abgerundeten Vorderecken versehenen Podest von 2,50 m Länge und 1,25 m Tiefe der Lehrertisch, 0,94 m lang und 0,60 m tief, nebst Stuhl, hinter welchem die grosse Wandtafel an der Wand befestigt ist; links neben dem Lehrersitz befindet sich eine kleinere Wandtafel, rechts von ihm in der Mittel- und Oberstufe der Mädchenabtheilung ein Handarbeitsschrank. Die Entfernung dieser Schmalwand von der ersten Bankreihe beträgt 2 m, kann aber auch, wenn erforderlich, auf 1,80 m verringert werden. Der Gang an der Fensterwand ist 0,40 m breit, der an der Thürwand 1,36 m. In diesem Gange stehen der Klassenschrank in einer Nische der Wand, und möglichst weit von der Thür entfernt die Heizkörper. Hinter den letzten Bankreihen ist in dem Zimmer für die Unterstufe kein Gang vorgesehen; doch ist dieser sehr erwünscht. Im ganzen sind in diesem Zimmer 9 Bankreihen von je 2 × 4 Sitzen (72 Sitze) aufgestellt, zwischen denen ein Mittelgang von 0,50 m frei bleibt. Jeder Sitz hat eine Länge von 0,53 m und eine Tiefe von 0,68 m. Für die letzte Bankreihe sind 0,72 m Tiefe angenommen, weil die besondere Lehne einen Raum von 4 cm erfordert.

In dem Zimmer für die Mittelstufe sind folgende Maasse:

Von der Kathederwand bis zur ersten Bankreihe . .	2,20 m
Gang an der Fensterwand	0,40 „
Gang an der Thürwand	1,12 „
Mittelgang	0,50 „

8 Bankreihen zu je 2 × 4 Sitzen = 64 Sitze
Länge des Sitzes . . . . 0,56 m
Tiefe des Sitzes . . . . 0,74 „
Tiefe der letzten Sitzreihe . . . . 0,78 „
Kein Gang hinter derselben.

Das Zimmer für die Oberstufe hat folgende Maasse:
Von der Kathederwand bis zur ersten Bankreihe . . 2,00 m
Gang an der Fensterwand . . . . 0,40 „
Gang an der Thürwand . . . . 1,47 „
Mittelgang . . . . 0,50 „
7 Bankreihen à 7 Sitze (1 × 3 und 1 × 4) = 49 Sitze
Länge des Sitzes . . . . 0,59 m
Tiefe des Sitzes . . . . 0,80 „
Tiefe der letzten Sitzreihe . . . . 0,84 „
Gang hinter der letzten Sitzreihe . . . . 0,52 „

Die Langklassen der zweiten senkrechten Reihe, die eine Länge von 8,84 m und eine Tiefe von 6,00 m haben, zeigen den vorstehend beschriebenen Zimmern gegenüber die Aenderung, dass an der Thürwand die Heizkörper nahe dem Lehrersitze und der Klassenschrank möglichst weit entfernt von der Thür steht.

Das Zimmer für die Unterstufe hat folgende Maasse:
Von der Kathederwand bis zur ersten Bankreihe . . 2,00 m
Gang an der Fensterwand . . . . 0,40 „
Gang an der Thürwand . . . . 1,39 „
Mittelgang . . . . 0,50 „
10 Bankreihen à 7 Sitze (1 × 3 und 1 × 4) = 70 Sitze
Länge des Sitzes . . . . 0,53 m
Tiefe des Sitzes . . . . 0,68 „
Tiefe der letzten Sitzreihe . . . . 0,72 „
Kein Gang hinter derselben.

Das Zimmer für die Mittelstufe hat folgende Maasse:
Von der Kathederwand bis zur ersten Bankreihe . . 2,14 m
Gang an der Fensterwand . . . . 0,40 „
Gang an der Thürwand . . . . 1,18 „
Mittelgang . . . . 0,50 „
9 Bankreihen à 7 Sitze (1 × 3 und 1 × 4) = 63 Sitze
Länge des Sitzes . . . . 0,56 m
Tiefe des Sitzes . . . . 0,74 „
Tiefe der letzten Sitzreihe . . . . 0,78 „
Kein Gang hinter derselben.

Das Zimmer der Oberstufe weist folgende Maasse auf:

Von der Kathederwand bis zur ersten Bankreihe . . 2,00 m
Gang an der Fensterwand . . . . 0,40 „
Gang an der Thürwand . . . . 1,56 „
Mittelgang . . . . 0,50 „
8 Bankreihen à 6 Sitze (2 × 3) = 48 Sitze
Länge des Sitzes . . . . 0,54 m
Tiefe des Sitzes . . . . 0,80 „
Tiefe der letzten Sitzreihe . . . . 0,84 „
Gang hinter der letzten Sitzreihe . . . . 0,40 „

Die dritte senkrechte Reihe zeigt Tiefklassen, die aber thunlichst zu vermeiden sind, da wegen der grossen Tiefe der Zimmer die Beleuchtung auf den von den Fenstern am weitesten entfernt liegenden Plätzen eine ungünstige ist. Die Vertheilung der Gegenstände in diesen Zimmern, die eine Länge von 7,50 m und eine Tiefe von 7,50 m haben, entspricht derjenigen in deu Langklassen.

Das Zimmer für die Unterstufe hat folgende Maasse:

Von der Fensterwand bis zur ersten Bankreihe . . 2,02 m
Gang an der Fensterwand . . . . 0,40 „
Gang an der Thürwand . . . . 1,33 „
2 Mittelgänge . . . . à 0,50 „
8 Bankreihen à 9 Sitze (3 × 3) = 72 Sitze
Länge des Sitzes . . . . 0,53 m
Tiefe des Sitzes . . . . 0,68 „
Tiefe der letzten Bankreihe . . . . 0,72 „
Kein Gang hinter derselben.

Das Zimmer für die Mittelstufe weist folgende Maasse auf:

Von der Fensterwand bis zur ersten Bankreihe . . 1,88 m
Gang an der Fensterwand . . . . 0,40 „
Gang an der Thürwand . . . . 1,06 „
2 Mittelgänge . . . . à 0,50 „
7 Bankreihen à 9 Sitze (3 × 3) = 63 Sitze
Länge des Sitzes . . . . 0,56 m
Tiefe des Sitzes . . . . 0,74 „
Tiefe der letzten Bankreihe . . . . 0,78 „
Gang hinter der letzten Bankreihe . . . . 0,40 „

Das Zimmer der Oberstufe hat folgende Maasse:

Von der Fensterwand bis zur ersten Bankreihe . . 2,00 m
Gang an der Fensterwand . . . . 0,40 „

Gang an der Thürwand	1,88 m
2 Mittelgänge	à 0,50 „
6 Bankreihen à 8 Sitze (2 × 4) = 48 Sitze	
Länge des Sitzes	0,59 m
Tiefe des Sitzes	0,80 „
Tiefe der letzten Bankreihe	0,84 „
Gang hinter der letzten Bankreihe	0,66 „

Fig. 65.

BEISPIELE

für

LANG-KLASSEN

TIEF-KLASSEN

D. Höhe des Schulzimmers. Cubischer Raum.

Alle Versuche, die Höhe der Schulzimmer dem Athembedürfnisse der Schüler anpassen zu wollen, müssen als missglückt angesehen werden, seitdem die eingehenden Untersuchungen von v. Pettenkofer, Roscoe, Breiting, Pappenheim u. A. sehr hohe Zahlen für die per Kopf und Stunde nothwendige Luftmenge ergeben haben. Indem wir vorläufig von diesen Untersuchungen hier absehen und auf das weiter unten abzuhandelnde Capitel „Luft in der Schule" verweisen, wollen wir hervorheben, dass sich die Bautechnik mit den Principien, nach welchen sie die Höhe der Schulräume berechnet, längst abgefunden hat. Indem sie für gewöhnliche Wohnzimmer 3—4 m annimmt, giebt sie den etwas grösser bemessenen Räumen der Schulzimmer 4—4,5 m, so dass die Raumverhältnisse einen harmonischen Eindruck machen, die Räume nicht zu kolossal, aber auch nicht gedrückt erscheinen. Wenn man 0,985 qm als das quadratische (Flächen-) Maass des Raumes betrachtet, welches ein Schüler einzunehmen hat, so würde demnach für 50 Schüler und bei der zu 4—4,5 m angenommenen Höhe der Cubikinhalt des Klassenzimmers sich auf 197—221,625 cbm berechnen. Nach den Angaben von Zwez[1]) würde schon eine Höhe von 3,384 m genügen; doch variirt dieselbe augenscheinlich in verschiedenen Städten und Ländern je nach dem daselbst üblichen Baustil. So ist es sicher, dass man in grossen Städten wie Berlin, wo man von vornherein, und ganz besonders bei Neubauten, an stattlich hohe Privatzimmer gewöhnt ist, ähnliche oder entsprechend der Quadratfläche symmetrische Verhältnisse auch bei öffentlichen Bauten beansprucht. Zwez meint auch, dass, wenn man das Verhältniss der Höhe zur Weite des Zimmers näher bezeichnen möchte, für Flächen von

23,854—31,805 qm = 2,961 m
31,805—39,756 „ = 3,102 „
39,756—47,707 „ = 3,243 „
47,707 und mehr „ = 3,384 „

als die Höhe der Räume bestimmen würde, so zwar, dass für je 7,951 qm die Höhe um 0,14 m anstiege.

---

[1]) l. c. p. 135.

Für die Beschränkung der Raumhöhe auf ein als noch zulässig erachtetes Mindestmaass sprechen vor Allem Ersparnissrücksichten, da sowohl die Baukosten, als auch die Schwierigkeit und die Kosten der Heizung des Raumes mit der Höhe desselben wachsen. Man hat daher in früherer Zeit nicht selten die Zimmerhöhe in einer Weise beschränkt, die jetzt in vielen Landestheilen sogar für Wohnräume als zu klein erachtet wird. Als geringste zulässige Lichthöhe werden in dem preussischen Ministerialerlass vom 9. April 1879 3,20 m angesehen. Eine Höhe von 4 m sei hinsichtlich des grösseren Luftraumes zwar als besser zu erachten, vertheuere aber auch die Bauanlage und die Heizung des Raumes. Die „Erläuterungen vom 18. November 1887“ nehmen das Maass von 3,20 m als das geringste an, welches noch für die Lichthöhe eines ländlichen Schulzimmers zugelassen wird; es ergiebt sich dann bei einem Flächenmaasse von 0,64—0,74 qm pro Kind ein Luftraum von mindestens 2—2,37 cbm auf den Kopf. Geht man nun von diesem noch zulässigen Höhenminimum aus und wendet es auf ein Schulzimmer kleinster Abmessungen an, in welchem jeder Schüler einen Flächenraum von 0,74 qm beansprucht, also einen Luftraum von 2,37 cbm erhält, so müsste ein Schulzimmer grösster Abmessungen, wenn es den gleichen Luftraum auf den Kopf bieten soll, schon eine Lichthöhe von 3,70 m erhalten. Dieses Verhältniss der Höhensteigerung bei wachsender Bodenfläche sollte daher, wo es irgend angeht, thatsächlich Anwendung finden. Die Forderung eines Luftraumes von selbst 2,5 cbm auf den Kopf ist nur eine sehr mässige. Für die Klassenzimmer der Volksschulen in den grösseren Städten und den höheren Schulen sind Abmessungen üblich, welche bei normaler Besetzung 4 cbm, mitunter auch etwas mehr Luftraum auf den Kopf gewähren.

Wie man aus nebenstehender Tabelle ersehen kann, schwankt die Höhe der Berliner Schulklassen nur in den engen Grenzen von 3,62—4,12 m, und auch die dem einzelnen Schüler zugedachten Luftcuben sind relativ geringen Schwankungen unterworfen; zumeist nähern sich dieselben 4 cbm oder übertreffen diese Zahl um ein Geringes. Die Berliner Schulen bieten solchermassen mehr, als zumeist von den Behörden verlangt wurde. So fordert das Bauprogramm in Württemberg 3—3,5 cbm; in Dresden 3,7—4,9 cbm; die kgl. preussische technische Baudeputation 3,9—4,7 cbm; für Gymnasien

in den Unterklassen . . . . 3,9—4 cbm
„ „ Mittelklassen . . . . 4,3—4,8 „
„ „ Oberklassen . . . . 4,8—5,2 „

Statistische Uebersicht der Raumverhältnisse etc. in den Klassen der Lehranstalten der Stadt Berlin.

Namen der Schule	Grundfläche der Klasse				Höhe der Klasse				Cubik-Inhalt der Klasse				Cubik-Inhalt pro Kopf			
	Erdgeschoss	Stockwerk I	II	III	Erdgeschoss	Stockwerk I	II	III	Erdgeschoss	Stockwerk I	II	III	Erdgeschoss	Stockwerk I	II	III
Charlotten-Schule	54,02	54,02	55,11	55,11	4,12	4,12	4,12	4,09	222,56	222,56	227,05	225,40	4,64	4,64	4,73	5,42
99. Gemeindeschule	54,02	55,17	55,17	55,17	4,12	3,98	3,98	4,09	222,56	219,58	219,58	225,65	4,64	3,00	3,49	4,70
92. „	54,02	64,56	66,79	66,79	4,12	4,02	4,02	4,06	222,56	259,53	268,50	271,17	4,64	3,71	3,84	4,30
100/102. „	54,12	54,12	55,29	55,29	4,02	4,02	4,02	4,02	217,56	217,56	229,27	222,27	3,11	3,88	3,55	3,99
Falk-Realgymnasium	58,81	58,81	60,96	55,25	4,13	4,07	4,10	4,14	242,89	239,36	249,94	228,74	4,68	4,43	5,21	5,72
91/101. Gemeindeschule	54,60	54,60	56,55	56,55	3,92	4,02	3,92	3,92	214,03	219,49	221,68	221,68	3,02	3,92	3,52	4,18
87/89. „	58,13	58,13	60,99	60,99	4,04	3,95	3,94	4,15	234,85	229,61	240,30	253,11	3,40	3,33	3,53	4,78
94. „	58,13	56,22	57,36	57,36	4,04	3,95	3,85	3,87	234,85	222,07	220,84	221,98	3,40	3,08	3,45	3,96
111/118. „	54,06	54,06	55,97	55,97	4,02	3,92	3,92	3,92	217,32	211,92	219,40	219,40	3,10	3,03	3,48	4,39
81/109. „	55,25	55,25	56,36	56,36	3,92	3,92	3,92	4,01	216,58	216,58	220,93	226,00	3,09	3,09	3,51	4,71
123. „	49,55	50,22	50,22	50,22	4,12	4,12	4,12	4,12	204,15	207,47	207,47	207,47	3,09	3,71	3,71	4,14
112/129. „	54,00	54,00	55,97	55,97	3,98	4,08	3,98	3,98	214,92	220,32	222,76	222,76	3,07	3,14	3,54	4,64
113/128. „	54,00	57,12	59,95	59,95	3,98	4,02	4,02	4,02	214,92	229,62	241,00	241,00	3,07	3,28	3,44	3,83
38/125. „	55,68	55,68	57,68	57,68	3,85	3,85	3,85	3,85	214,37	214,37	222,07	222,07	3,06	3,06	3,52	3,52
103. „	52,83	54,78	54,78	54,78	3,78	3,78	3,78	3,62	199,70	207,07	207,07	198,30	3,03	3,76	3,76	4,13
120/124. „	57,24	57,24	57,24	61,30	4,02	4,02	4,02	4,02	230,11	230,11	230,11	246,43	3,29	3,29	3,29	4,56
107. „	52,28	52,28	53,07	53,07	4,09	4,09	4,09	4,09	213,83	213,83	217,06	217,06	3,24	3,89	3,95	4,74
Lessing-Gymnasium	55,25	55,25	56,36	56,36	3,98	4,01	4,01	4,00	219,90	221,55	226,00	225,44	3,49	5,28	5,38	5,34
XII. Realschule	50,68	50,68	50,68	—	4,00	4,00	4,00	—	202,72	202,72	202,72	—	4,05	5,07	5,07	—
VI. Höhere Mädchenschule	51,33	52,59	52,59	52,59	4,00	4,00	4,00	4,00	205,32	210,36	210,36	210,36	4,89	5,01	5,01	5,01
187. Gemeindeschule	53,22	55,42	55,42	55,42	3,70	3,90	3,90	3,90	196,91	216,14	216,14	216,14	3,22	3,45	3,45	4,08
168., 182. u. 189. Gemeindesch.																
a) einfache Schule	55,94	57,96	57,96	60,01	4,00	4,00	4,00	4,00	223,76	231,84	231,84	240,04	3,20	3,68	4,29	4,45
b) Doppelschule	52,94	54,08	54,08	54,08	4,00	4,00	4,00	4,00	211,76	216,32	216,32	216,32	3,36	3,09	3,86	4,44
204/213. Gemeindeschule	54,65	54,65	54,65	54,65	4,00	4,00	4,00	4,00	218,60	218,60	218,60	218,60	4,37	3,26	3,64	4,37
3/203. „	52,29	53,37	53,37	53,73	4,00	4,00	4,00	4,00	209,16	213,48	213,48	213,48	3,08	3,56	3,56	4,37

Nach den aus dem städtischen bautechnischen Bureau des Berliner Magistrats mir gütigst überlassenen Originalzahlen.

bei der Zimmerhöhe von 4,1—4,4 m u. s. w.; nur die Schweiz verlangt 6,5 cbm, und auch Erismann kommt zu der Forderung von ca. 6,65 cbm (1,48 qm Fläche bei 4,5 m Höhe).

Da überdies die Höhe der Schulzimmer gleichzeitig maassgebend für die Fensterhöhe, also auch für die Tagesbeleuchtung, wird, so erkennt man, dass schon mit Rücksicht auf die Beleuchtung nicht unter ein gewisses Maass der Höhe bei der Construction heruntergegangen werden darf, ganz besonders nicht in sogenannten Tiefklassen, welche möglichst hohe Fenster beanspruchen. — Endlich wird man, wenngleich, wie oben schon angedeutet wurde, die Luftbedürfnissfrage nicht durch die Höhenconstruction gelöst werden kann und die Ventilationseinrichtungen hierbei der entscheidende Factor sind, dennoch gut thun, jedem Kinde den mit Berücksichtigung des Auseinandergesetzten möglichst hohen Luftcubus zur Verfügung zu stellen, weil damit die Ventilationsgrösse in engeren Schranken gehalten werden kann.

E. Gesangssaal, Zeichensaal und andere Räume.

Im Anschluss an die soeben behandelten quadratischen und cubischen Raumverhältnisse der Schulzimmer mögen noch einige Andeutungen über die Grösse einiger anderen, den verschiedensten Unterrichtszwecken dienenden Räume Platz finden. Man könnte daran denken, in den Gesangssälen die Tische gänzlich fortfallen zu lassen und nur Bänke einzurichten, weil die Schüler die Notenhefte in der Hand behalten können. Will man sich dazu entschliessen, so leuchtet ein, dass für die Grössenverhältnisse etwas andere Bestimmungen stattfinden müssen. Im ersten Augenblicke wird man glauben, eine erhebliche Raumersparniss zu erreichen, indem man die ganze Breite der Tischplatte dürfte in Abzug bringen wollen. Dies trifft aber nicht zu. Der Raum kann nur im äussersten Falle um so viel für den einzelnen Schüler geringer werden, wie die Tischplatte breiter ist als der gerade Durchmesser des Schenkels in der Gegend des Kniegelenks; wenn wir also die Tischplatte annehmen

zu . . . . 0,35 m für jüngere Kinder,
die Schenkeldurchmesser an der Kniegegend . . . . = 0,10 m,
so würde die Raumersparniss für jedes Kind . . . . = 0,25 m, d. i. für 10 Reihen von Bänken . . . . = 2,50 m sein.

Bei älteren Schülern: Tischplatte = 0,45 m
Durchmesser des Schenkels . . . = 0,15 m
Raumersparniss . . . . = 0,30 m, für 10 Reihen 3 m.

Indessen wird auch nicht einmal diese ganze Summe zur Geltung kommen können; denn da Gesangsschüler viel und deshalb sehr bequem stehen müssen, so würden die Maasse von 0,10 m und 0,15 m mindestens doppelt genommen werden müssen, so dass

für jüngere Kinder nur 0,15, d. i. im Ganzen 1,5 m,
„ ältere „ „ 0,15, „ „ „ „ 1,5 „

erspart werden können.

Was die Höhe der Gesangszimmer betrifft, so leuchtet ein, dass es mit Rücksicht auf das erhöhte Respirationsbedürfniss der Singenden und der damit zugleich gesteigerten Luftverderbniss zweckmässig erscheint, den Raum ziemlich hoch zu veranschlagen. Dies fällt mit den pädagogischen Interessen zusammen, da es gewiss gut ist, für Gesangsleistungen, namentlich im Chore, grössere, den Ton nicht beengende Räume zu haben. In den meisten Fällen wird man keine besonderen Gesangszimmer anlegen, sondern für diesen Zweck die Aula benutzen, wie dies auch in Berlin für die Gemeindeschulen und die meisten höheren Schulen gilt.

In ähnlicher Weise, wie sich für Gesangsklassen eine wenn auch unbedeutende Raumersparniss der quadratischen Fläche herausstellt, wird sich umgekehrt für solche Klassen, welche einen terrassenförmigen Aufbau der Subsellien erheischen, insbesondere für die Klassen, welche zum physikalischen und chemischen Unterricht eingerichtet sind, eine mässige Vergrösserung der quadratischen Fläche als nothwendig herausstellen; man kann sich für dieselben das von der Königl. technischen Baudeputation gegebene Steigerungsmaass von 0,197—0,246 m pro Kopf wohl gefallen lassen [1]).

Für den Zeichensaal lassen sich bezüglich der räumlichen Verhältnisse schon um deswillen keine ganz bestimmten Angaben machen, weil je nach den Erfordernissen und Ansprüchen des Unterrichts grössere oder kleinere Grundflächen für den einzelnen Schüler nöthig werden dürften. Festzuhalten ist, dass der Zeichensaal in allererster Linie ein dauernd ruhiges Horizontallicht haben muss, dass er gerade aus diesem Grunde wohl am besten nach Norden hin zu verlegen ist, und dass es sicherlich vortrefflich ist, ihm Oberlicht zu gewähren, wenn dies nur irgend zu ermöglichen

---

[1]) Lang, l. c. p. 9.

ist. Kleiber[1]) verlangt, dass der Zeichensaal nur eine Tiefe von 4,708 m habe, während die Länge bei 6 an einer Langseite angebrachten Fenstern 12,554 m sein könne. Die Kgl. preussische Baudeputation schreibt rundweg das Doppelte der für gewöhnlich geforderten Quadratfläche vor (s. p. 231). Eingehendere Vorschriften giebt die Kgl. württembergische Verfügung. Dieselbe verlangt verschiedenen Flächenraum, je nachdem Freihandzeichnen nach Vorlagen und Modellen oder Linearzeichnen getrieben wird. Für Freihandzeichnen wird die Sitzlänge von mindestens 0,6 m, für Linearzeichnen von mindestens 0,7 m gefordert. Wenn Zeichenrahmen oder grössere Reissbretter aufzulegen oder Modellirtische aufzustellen sind, so wird je nach dem Alter der Schüler für jeden ein Grundraum von 1,5—1,7 qm gefordert ausser dem Raume für Zwischengänge sammt Kästen u. s. w., welcher für den einzelnen Schüler noch mit der Hälfte des eigentlichen Sitzraumes zu veranschlagen sei; solchermassen wechselt der zur Berechnung der Zimmergrösse zu Grunde gelegte Flächenraum für jeden Schüler zwischen 2,3—2,7 qm, wie man erkennt, ebenfalls mehr als das Doppelte von dem, was unter den sonstigen Verhältnissen als die Norm angegeben wurde.

Oft genug wird man die Aula als Zeichensaal benutzen und mit entsprechenden Einrichtungen versehen. Da diese aber für den Zeichenunterricht zu gross sein würde, so empfiehlt das Gutachten der Dresdener Directorenconferenz, in die Aula in der Längsrichtung eine wegnehmbare Holzwand einzusetzen, welche etwa 6 m von der Fensterwand entfernt ist. Bei doppelseitiger Beleuchtung der Aula liesse sich ferner der auf diese Weise abgetrennte schmale Raum als Saal für weibliche Handarbeiten benutzen. Bei Schulfeierlichkeiten und ähnlichen Gelegenheiten werden die beiden Räume vereinigt, indem die Trennungswand beseitigt wird. Allerdings wird dies immer nur ein Nothbehelf sein, insbesondere in Rücksicht auf den Zeichensaal, für welchen Grösse und Gestalt der Fenster wesentlich anderer Art sein müssen, als dies aus architektonischen Rücksichten für eine Aula gutgeheissen werden kann.

Für die Aula ist ein bestimmtes Maass der quadratischen Grundfläche überhaupt nicht zu geben, weil kein Maassstab vorhanden ist für die Menschenzahl, welche sie bei gewissen feierlichen Acten zu fassen hat; augenscheinlich wird ihr nur derjenige Raum zuge-

[1]) Kleiber, Schulprogramm 1860. Gelegentliche Gedanken über Schulbauten und die Einrichtung von Schulzimmern, p. 40.

theilt werden können, welcher nach zweckmässiger Disposition des Ganzen übrig bleibt; sie wird ebenso wenig wie die sogenannten „guten Stuben“ der Privatwohnungen besondere Rücksichten in Anspruch nehmen dürfen. Die Kgl. preussische Baudeputation möchte ihr pro Schüler einen Raum von 0,591—0,600 qm gewähren, denselben jedoch unter gewissen Verhältnissen und insbesondere bei aussergewöhnlich bedeutender Schülerzahl noch beschränken. Für höhere Schulanstalten wird allenfalls die der Schüleranzahl proportionale Grösse der Aula aufrecht erhalten bleiben können. Für Volksschulen wird es unter allen Verhältnissen besser sein, die von uns hervorgehobenen Rücksichten auf die Herstellung gesundheitsgemässer Räume für die Schüler in erste Linie zu stellen; schlimmsten Falles könnten ja die jüngsten Schülerklassen von dem Besuch der Schulfeiern in der Aula zurückgehalten werden. Der längere Aufenthalt in dem bei Prüfungen und Festlichkeiten selbst unter den günstigsten Raumverhältnissen überhitzten und trotz aller Vorsicht mangelhaft ventilirten Raume der Aula ist für jüngere Kinder ohnedies nicht zuträglich.

In den neuesten Berliner Gemeinde(Doppel)schulen wird die Aula mit ca. 20 m Länge und 10 m Tiefe vorgesehen. So hat z. B. die Aula der 59./181. Gemeindeschule bei einer Länge von 20,82 m und einer Tiefe von 10,28 m eine Grundfläche von 250,030 qm.

Die Einrichtung eines besonderen Zimmers für weibliche Handarbeiten würde für diesen Unterricht in den oberen Klassen, wo besonders beim Zuschneiden und Wäschenähen, sowie beim Sticken die abgeschrägten und für diese Arbeiten zu schmalen Tische der Subsellien in den Klassenzimmern jetzt hindernd wirken, ausserordentlich empfehlenswerth sein. Dieses Zimmer, für welches besonders gute Beleuchtung vorhanden sein muss, erhält in der Regel dieselben Ausmaasse wie die Klassenzimmer, weil doch die Schülerinnen einer ganzen Klasse in demselben untergebracht werden müssen. Nur wo die Klassen beim Handarbeitsunterricht getheilt sind, wird eine entsprechende Verminderung der Maasse für Länge und Breite eintreten können.

Für die übrigen Räume, wie Lehrer- und Conferenzzimmer, Zimmer des Schulleiters, Sammlungs- und Apparatenraum u. s. w., deren Grösse sich nach den Bedürfnissen des Schulorganismus richtet, ist es nicht angängig, bestimmte Vorschriften zu geben. Gestalt und Grösse ergeben sich aus der Disposition des Gesammtbaues.

F. Beleuchtung der Schulzimmer.

Literatur.

Förster, Einige Grundbedingungen für gute Tagesbeleuchtung in den Schulen. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. 1884. Bd. XVI. p. 423 ff.
Renk, Die elektrische Beleuchtung des Hof- und Nationaltheaters in München nebst Bemerkungen über den Glanz des elektrischen Lichtes. Archiv für Hygiene. 1885. Bd. III. p. 1 ff.
Erismann, Die Schulhygiene auf der Jubiläumsausstellung in Moskau. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1888. Bd. I. p. 347.
Uffelmann, Die hygienische Bedeutung des Sonnenlichtes. Wiener Klinik. 1889. 3. Heft.
Kirchner, Untersuchungen über die Entstehung der Kurzsichtigkeit. Zeitschr. f. Hygiene. 1889. Bd. VII. p. 397 ff.
Voit, Bemerkungen über Gas- und elektrisches Licht. Münchener med. Wochenschr. 1891. p. 301 ff.
Gillert, Tageslichtmessungen in der 69. Gemeindeschule in Berlin. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1891. p. 152 ff.
Enko, Das richtige System der Klassenbeleuchtung. Ebenda. p. 93 ff.
Cohn, H., Lehrbuch der Hygiene des Auges. Wien u. Leipzig 1891/92.
Janke, O., Die Beleuchtung der Schulzimmer. Pädag. Magazin. Langensalza 1892. 11. Heft.
Gillert, Welche Bedeutung hat der Raumwinkel als Maass für die Helligkeit eines Platzes in einem Lehrraume? Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 1892. Bd. XII. p. 82 ff.
Renk, Gutachten über das Auer'sche Gasglühlicht vom 12. Novbr. 1892.
Menning, Ueber indirecte Beleuchtung. Gesundheits-Ingen. 1892. Bd. XV. p. 273 ff.
Erlass des preuss. Cultusministeriums vom 27. März 1893. Deutsche med. Wochenschr. 1893. Nr. 17.
Cohn, Ueber künstliche Beleuchtung, insbesondere für Zeichen- und Hörsäle. (Referat.) Zeitschr. f. Schulgesundh. 1893. p. 331.
Cohn, Ueber Lichtverhältnisse in Breslauer Schulen. (Referat.) Zeitschrift f. Schulgesundh. 1894. p. 153 ff.
Cohn, Ueber Fenstervorhänge in Schulen. Deutsche med. Wochenschr. 1894. Nr. 46.
Geelmuyden, Ueber die Verbrennungsproducte des Leuchtgases und deren Einfluss auf die Gesundheit. Archiv für Hygiene. 1894. Bd. XXII. p. 102 ff.
Biscan, Die Bogenlampe. Physikalische Gesetze, Functionen, Bau und Construction derselben. Leipzig 1894.
Gentsch, Gasglühlicht. Dessen Geschichte, Wesen und Wirkung. Stuttgart 1895.
Erismann, Zur Frage der Schattenbildung bei directer und indirecter Beleuchtung der Schulzimmer. VIII. Congress für Hygiene und Demographie in Budapest 1894. Budapest 1896. Bd. III. p. 376 ff.
Cohn, Ueber Fenstervorhänge in Schulen. Ebenda. Bd. III. p. 396 ff.
Moritz, Ueber die zweckmässigste Lage, Gestalt und Grösse der Schulzimmerfenster. Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 1896. Bd. XXII.
Lux, Die öffentliche Beleuchtung von Berlin. Berlin 1896.

Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch des Raumwinkelmessers nach L. Weber. Von Franz Schmidt & Haensch. Berlin S. Selbstverlag.
Desgleichen betr. das Photometer. Ebenda.
Kermauner und Prausnitz, Untersuchungen über diffuse Beleuchtung von Schulzimmern, Hörsälen und Werkstätten mit Auer'schem Gasglühlicht. Archiv f. Hygiene. 1897. p. 107 ff.

Die Frage von der normalen und richtigen Beleuchtung der Schulzimmer ist von so hervorragender hygienischer Bedeutung, dass sich um sie ein grosser Theil der gesammten Schulgesundheitspflege concentrirt. Seitdem Cohn durch mühsame Untersuchungen zuerst den Beweis geführt hat, dass die mangelhafte Beleuchtung der Schulzimmer zu einer wichtigen Quelle der Schädigung des normalen Sehvermögens werden kann, und seitdem die von ihm nachgewiesenen Thatsachen in allen cultivirten Ländern Bestätigung gefunden haben, hat man der Frage von der Beleuchtung der Schulzimmer auch seitens der Behörden besondere Aufmerksamkeit zugewendet.

Zwar wird vielseitig behauptet, dass die absolute Menge des einfallenden Lichtes nicht gross genug sein kann, doch ist ein Zuviel ebenso schädlich wie ein Zuwenig. So schadet z. B. der directe Einfall der Sonnenstrahlen in das Auge durch Ueberreizung der Netzhaut. In gleicher Weise schädlich kann auch das von glänzenden Flächen, wie weissen Mauern, Spiegeln, gefirnissten Wandtafeln und Wandkarten, reflectirte Sonnenlicht wirken. Von diffusem Lichte wird nie zuviel vorhanden sein. Lichtmangel giebt aber, weil derselbe zu einer starken Annäherung der schlecht beleuchteten Gegenstände an das Auge zwingt, ebenso zu schlechten Körperhaltungen der Schüler, wie zur Kurzsichtigkeit Anlass. Es wird später auf dieses Verhältniss in dem Capitel der Schulkrankheiten zurückzukommen sein.

Als Lichteinheit, d. h. als Normallicht zur Vergleichung verschiedener Beleuchtungsintensitäten, dient die englische Walrathkerze, von der 6 auf ein Pfund gehen, und die ihre normale Leuchtkraft dann entwickelt, wenn sie 7,78 g in der Stunde verbraucht. Diesem Verbrauch entspricht eine Flamme, die in geputztem Zustande während des Wachsens 45 mm Höhe erreicht hat und sich zwischen 45 und 46 mm bewegt, während der Docht innerhalb der Flamme verbrennt. Für die deutsche Vereins-Paraffinkerze, von der 10 auf ein Pfund gehen, gilt unter den gleichen Bedingungen eine Flammenhöhe von 50 mm, während das Hefnerlicht bei 40 mm Flammenhöhe, in besonders vorgeschriebener Lampe

mit Amylacetatfüllung benutzt, als Lichteinheit gilt (Lux[1]). Die Lichtstärken dieser Einheiten stehen nach den Ermittelungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt in folgendem Verhältniss zu einander:

Hefnerlicht 40 mm Flammenhöhe	Walrathkerze 45 mm Flammenhöhe	Vereins-Paraffinkerze 50 mm Flammenhöhe
1,000	0,882	0,862
1,134	1,000	0,978
1,162	1,023	1,000

Unter Meterkerze versteht man die Helligkeit, welche durch eine Normalkerze auf einer 1 m entfernten weissen Fläche erzeugt wird.

Die Untersuchungen von Uhthoff haben ergeben, dass das Sehvermögen der Augen bei einer Lichtstärke von 33 Meterkerzen (nach Cohn 50 Meterkerzen) am besten ist, und dass es bis zu 10 Meterkerzen langsam, bei weiterer Herabsetzung der Beleuchtung aber rapide abnimmt.

Die Beleuchtung wird daher um so besser ihren Zweck erfüllen, je mehr sie sich der Lichtstärke von 33 Meterkerzen nähert. Als Minimum des Lichtes für einen Platz im Schulzimmer nimmt man 10 Meterkerzen an, wobei aber vorausgesetzt werden muss, dass auch die am ungünstigsten beleuchteten Plätze an dunkeln Tagen noch diese Lichtmenge erhalten.

Ueber diese Mindestforderung haben erst die Untersuchungen Cohn's Klarheit geschaffen. Bei gutem Tageslicht wurden von Bourgeoisschrift 16 Zeilen gelesen, bei künstlicher Beleuchtung in Stärke von

2	Kerzen	6	Zeilen
4	„	8	„
8	„	10	„
10	„	12	„
50	„	16	„

Das Auge würde also ohne Accommodationsarbeit erst bei 50 Kerzen künstlicher Beleuchtung das Arbeitsmaass leisten wie bei gutem Tageslicht. Wenn nun auch diese Intensität als das Beste bezeichnet werden muss, so will Cohn doch auch nichts Unbilliges verlangen, sondern schlägt „als das Minimum der hygienischen Forderungen nur den fünften Theil derjenigen Lichtmenge vor, bei welcher man

[1]) A. a. O. p. 84. 87.

ebenso schnell und ebenso weit wie am Tage liest" [1]), und darum soll die Papierhelligkeit nicht weniger als 10 Meterkerzen betragen.

Zur Prüfung der Beleuchtungsintensität in den Schulzimmern giebt es verschiedene Methoden.

Zunächst kann das menschliche Auge als Photometer gelten. Liest ein gesundes Auge bei normaler Beleuchtung eine Schrift auf 1 m Entfernung, so muss man auf schlechte Lichtverhältnisse schliessen, sobald diesem Auge das Lesen in derselben Entfernung nicht mehr möglich ist (Cohn).

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, in jeder Klasse eine Tafel mit Probebuchstaben (Snellen's Sehproben, Cohn's Tafel zur Prüfung der Sehschärfe, Jäger's Schriftscalen etc.) aufzuhängen und sofort jede anstrengende Augenarbeit der Schüler zu beenden, sobald die Tagesbeleuchtung so weit herabgegangen ist, dass das gesunde Auge die Sehproben in dem geforderten Abstande nicht mehr zu lesen vermag.

Diese Methode der Prüfung giebt aber nur Anhalt, ob auf einem bestimmten Platze eine ausreichende Lichtmenge vorhanden ist, sie giebt aber nicht Auskunft über die Grösse der Lichtintensität. Der letzteren Aufgabe dient die Berechnung des Oeffnungs- und Einfallswinkels.

Die Tageslichtstärke für einen bestimmten Platz ist zunächst abhängig von der Grösse des Stückes freien Himmelsgewölbes, von welchem aus Strahlen auf den Platz fallen. Die Grösse dieses Stückes lässt sich bemessen nach dem Oeffnungswinkel, d. h. dem Winkel, welcher gebildet wird einmal durch einen unteren Randstrahl, der von dem Platze nach der Oberkante des gegenüberliegenden Hauses geht, und zweitens durch einen oberen Randstrahl, der von dem Platze nach der oberen Fensterkante und über dieselbe hinaus gezogen ist. Natürlich ist der Oeffnungswinkel in den oberen Stockwerken grösser als in den unteren, am geringsten aber im Parterre. In Fig. 66 ist def der Oeffnungswinkel, welcher beträgt

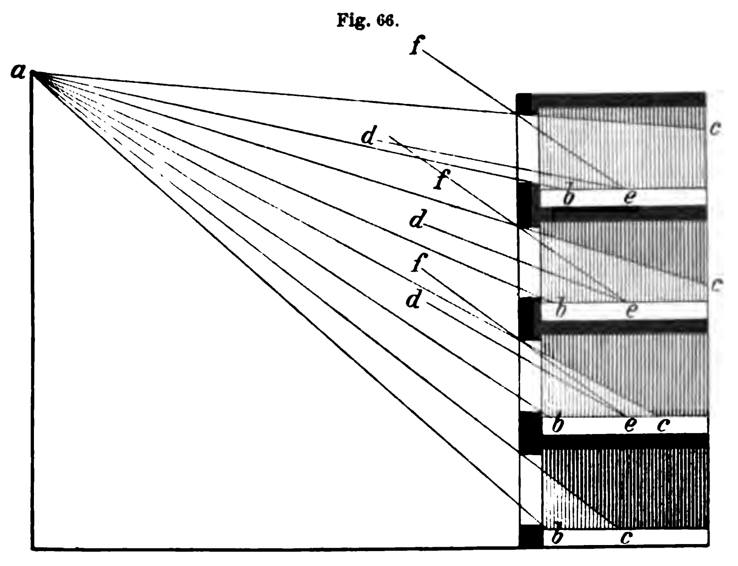
für das	Erdgeschoss	0
„ „	1. Stockwerk	5°
„ „	2. „	13°
„ „	3. „	23°

Der Einfallswinkel ist der Winkel, unter welchem die Strahlen auf die zu beleuchtende Fläche auffallen. Je schräger die Lichtstrahlen

[1]) Cohn, Der Beleuchtungswerth der Lampenglocken. 1885. p. 71 ff.

auffallen, um so grösser ist die Fläche, auf welche sich das Strahlenbündel vertheilt, und desto geringer ist der Grad der Beleuchtung. Je weiter aber ein Platz vom Fenster entfernt ist, desto schräger fallen die Lichtstrahlen auf und desto ungünstiger ist die Beleuchtung. Es wird aus der Fig. 66 klar, dass in den Parterreräumen der Einfallswinkel grösser ist als in den höheren Stockwerken, dass aber auch der obere Theil der Fenster für die Beleuchtung am wichtigsten ist. Auf einen Platz fallen nun aber Strahlen, deren Einfallswinkel ungleich sind. Man bestimmt daher den mittleren Einfallswinkel für den betreffenden Platz, d. h. den Winkel, der von der wagerechten Tisch-

Fig. 66.



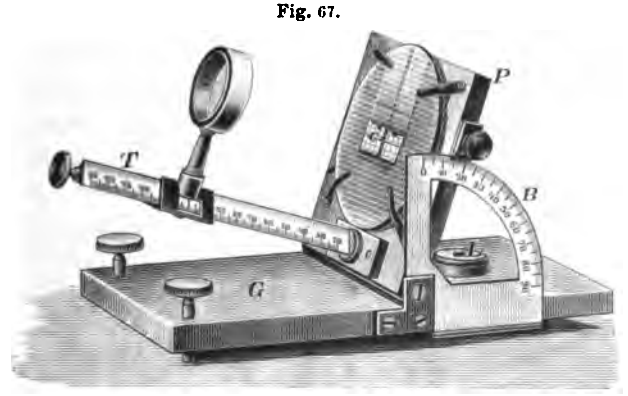
Beleuchtung der Zimmer in verschiedenen Stockwerken bei gegenüberstehendem Hause.

fläche und der Halbirungslinie des Oeffnungswinkels gebildet wird. Nach den Untersuchungen Förster's soll für den Oeffnungswinkel die Grösse von 5°, für den Einfallswinkel eine solche von 25—27° das zulässige Minimum bilden. Oeffnungs- und Einfallswinkel bestimmen für das von einem Platze aus zu erblickende Stück des Himmelsgewölbes nur den höchsten und tiefsten Punkt, geben aber nicht dessen Breite an. Es handelt sich bei ihnen nur um die Höhe der Fenster, jedoch nicht um deren Breite, die doch auch von hoher Bedeutung für die Helligkeit eines Raumes ist.

Mit Hilfe des Raumwinkelmessers nach L. Weber (Fig. 67) lässt sich das ganze Stück des direct sichtbaren Himmelsstückes auf leichte Weise berechnen.

Man denke sich von einem Punkte c des zu untersuchenden Tischplatzes gerade Linien an die Conturen des Fensters bezw. der den freien Himmel sonst begrenzenden Linien, wie Dachkanten, Baumkronen etc., gezogen. Hierdurch wird ein räumlicher Winkel in der Form einer Pyramide gebildet, deren Spitze in dem Tischplatze liegt und welche eine um so weitere Oeffnung hat, je grösser das sichtbare Himmelsstück ist. Als Maass für diese räumliche Oeffnung dient eine rechtwinklige Pyramide, deren Kanten an der Spitze einen Winkel von 1 Grad bilden. Die Oeffnung dieser sehr spitzen Pyramide heisst 1 Quadratgrad und ist die Einheit für den Raumwinkel. Man kann sich eine solche verdeutlichen, wenn man auf der Grundfläche eines Quadratcentimeters eine Pyramide construirt,

Fig. 67.



Raumwinkelmesser nach L. Weber.

deren Spitze nahezu 60 cm über der Grundfläche liegt (genauer 57,297 cm).

41 253 solcher Pyramiden, richtig zusammengefügt, würden eine Kugel ergeben; es entspricht demnach 1 Quadratgrad dem 41 253. Theil des gesammten Himmelsgewölbes [1]). Mit Hilfe des Raumwinkel-

[1]) H. Cohn führt in seinem „Lehrbuch der Hygiene des Auges" p. 360 ff. zur Erläuterung des Raumwinkelmessers noch Folgendes aus: Wenn man eine Kugel von 57,3 mm Radius construirt, so hat jeder Grad eines Kugeläquators 1 mm Länge. Zeichnet man nun ein Quadrat von 1 mm Seite, also 1 qmm auf diese Kugel auf, so kann man dieses einen Quadratgrad nennen. Die Oberfläche dieser Kugel würde 41 253 solcher Quadratgrade erhalten. Nimmt man den Radius der Kugel doppelt so gross, also zu 114,6 mm, so wird die Grösse eines Quadratgrades dargestellt durch ein Quadrat von 2 mm Seitenlänge, also durch 4 qmm, deren 41 253 wieder so gross sind wie die ganze durch Verdoppelung des Radius jetzt viermal so gross gewordene Kugeloberfläche. Wollen wir uns die Grösse eines Quadratgrades am Himmel veranschaulichen, so müssen wir uns ein die Sonnenscheibe einschliessendes Quadrat denken; dasselbe würde, da

messers lässt sich nun nicht nur die Grösse des sichtbaren Himmelsstückes in Quadratgraden angeben, sondern auch die Grösse des Elevationswinkels bestimmen, unter welchem das directe Himmelslicht auf den Tischplatz fällt. Die Construction und Wirkungsweise des Apparates beruht darauf, dass mittelst einer Linse ein Bild der Fensteröffnung auf eine in Quadrate von 2 mm Seitenlänge getheilte Papierscheibe P geworfen wird. Zu diesem Zwecke wird der Apparat auf dem zu untersuchenden Tischplatze so aufgestellt, dass das Grundbrett G horizontal ist, was mit Hilfe der Libelle L und durch die Fussschrauben bewerkstelligt wird, dass ferner ein scharfes Bild des Fensters auf dem Papier entworfen wird, was man durch Verschieben der Linse auf dem Linsenträger T erreicht, und dass der Centrumsstift c in die Mitte des hellen Himmelsbildes fällt, das durch Drehung der Platte P am Gradbogen B nach Schätzung einzustellen ist. Sodann umfährt man mit einem Bleistift die Conturen des hellen Himmelsbildes und hat nur nöthig, die Anzahl derjenigen Quadrate des Papiers zu zählen, welche von dem hellen Himmelsbilde bedeckt werden. Diese Zahl giebt die Grösse des zu messenden Raumwinkels in Quadratgraden an. Es ist dies der rohe, nicht reducirte Raumwinkel Ω. Wenn man ferner den Apparat so aufgestellt hat, dass das helle Fensterbild auf die durch einen Stift markirte Mitte der Papierscheibe fällt, so giebt die Linie: Linsenmitte—Stift zugleich die mittlere Richtung der Lichtstrahlen an, und man liest den Winkel α dieser Richtung gegen die Horizontalebene an dem Gradbogen ab.

Das Product

$$\omega = \Omega \sin \alpha$$

wird der reducirte Raumwinkel genannt (d. h. reducirt auf eine wagerechte Fläche) und giebt die Beleuchtungsintensität des betreffenden Platzes an.

Cohn[1]) kommt nach seinen vielfachen Untersuchungen mit dem Raumwinkelmesser zu folgendem Endresultat: An Plätzen, auf welche gar kein Himmelslicht fällt, deren Raumwinkel also 0° ist, beträgt die Helligkeit an trüben Tagen 1—3 Meterkerzen. Ist der

---

der Sonnendurchmesser etwa $\frac{1}{2}^{\circ}$ beträgt, dem vierten Theil eines Quadratgrades entsprechen. Denkt man sich nun nach Weber an Stelle des hellen Himmels lauter helle Scheiben von der Grösse eines Quadratgrades, so ist klar, dass die Helligkeit eines Platzes im Zimmer proportional der Anzahl der von letzterem aus sichtbaren Quadratgrade sein muss und mithin auch dem für jenen Platz construirten, auf freien Himmel treffenden Raumwinkel.

[1]) A. a. O. p. 366.

Raumwinkel kleiner als 50 Quadratgrade, so ist die Helligkeit an trüben Tagen kleiner als 10 Meterkerzen; ist der Raumwinkel aber grösser als 50 Quadratgrade, so hat der Platz selbst an trüben Tagen mehr als 10 Meterkerzen.

Nun ist aber zu bedenken, dass jeder Platz ausser directem Himmelslicht gewöhnlich auch noch reflectirtes Licht erhält, so z. B. von Gebäuden, von Wänden und Geräthen des Zimmers u. s. w., wodurch letztere gleichfalls zu Lichtquellen für den Platz werden. So konnte Gillert nachweisen, dass Plätze mit einem Raumwinkel von 0—1 ^{0} durch von aussen eindringendes reflectirtes Licht bis zu einer Helligkeit von über 25 Normalkerzen beleuchtet wurden. Ferner nimmt die Leuchtkraft der Quadratgrade mit dem Stande der Sonne und der Bewölkung des Himmels veränderliche Werthe an. Cohn hat die Helligkeit desjenigen Himmelsstückes, welches den Schulzimmerplatz beschien, direct gemessen und an klaren Tagen eine Helligkeit zwischen 906 und 11430, an dunklen Tagen zwischen 305 und 4444 Meterkerzen gefunden; Schwankungen von 11430 und 6714 kamen schnell nach einander vor, wenn der blaue Himmel und die graue Mitte einer weissen Wolke in seiner Nähe gemessen wurde. Es lassen sich somit für die Lichtintensität eines Platzes aus der Grösse seines Raumwinkels keine sicheren Schlüsse ableiten, obwohl die Messungen mit diesem Instrument dazu dienen, auf bequeme und sichere Weise alle die Plätze zu ermitteln, welche kein directes Sonnenlicht empfangen. Der Raumwinkel kann darum nicht als ein Maass für die Helligkeitsgüte eines Platzes betrachtet werden.

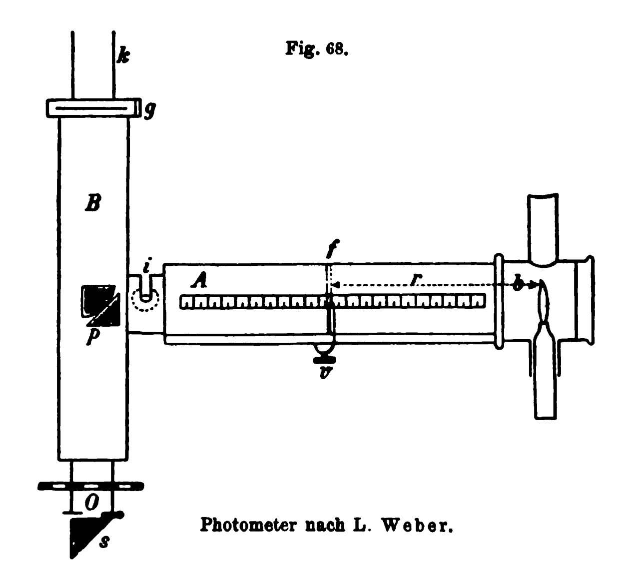
Das vollkommenste Instrument zur Bestimmung der Lichtintensität eines Schulzimmerplatzes ist das Photometer von L. Weber (Fig. 68). Dasselbe besteht nach der Darstellung der Fabrikanten Schmidt & Haensch aus dem festen Tubus A und dem beweglichen, rechtwinklig zu A drehbaren Tubus B.

An den festen Tubus A, der in seinem stärkeren Mitteltheil eine Millimeterscala trägt, schliesst sich rechts ein Gehäuse für eine Benzin-(Normal-)kerze b, links ein verjüngter Theil i. In dem Tubus kann ein Ring, in welchem sich eine Milchglasplatte f befindet, durch den mit Trieb versehenen Knopf v hin und her bewegt werden, und ein mit dem Ringe in Verbindung stehender Zeiger giebt an der Millimeterscala die Entfernung (r) der Milchglasplatte von der Benzinkerze b an. Das Lampengehäuse, das rechts einen abnehmbaren Deckel hat, ist gegen den Hohlraum des Tubus A durch eine Glasscheibe abgeschlossen, wodurch die Gleichmässigkeit der Luft-

zufuhr zu der im Gehäuse brennenden Lampe gesichert ist. Diese Glasscheibe ist am Rande schwarz abgedeckt, um möglichst wenig diffuses Licht in den Tubus A eindringen zu lassen. Ferner befindet sich im Gehäuse ein kleiner fester Haken zur Regulirung der Flammenhöhe, sowie die auf einem Spiegel befestigte kleine Scala, an welcher mittelst Visirung durch einen gegenüberstehenden Spalt die Flammenhöhe abgelesen wird. Alle Oeffnungen sind mit geeigneten Verschlussvorrichtungen versehen, durch welche alles Licht von aussen abgehalten wird.

Der bewegliche oder drehbare Tubus B kann um reichlich 180° aus der in der Figur vorhandenen Stellung gedreht und in jeder

Fig. 68.



Photometer nach L. Weber.

Stellung durch eine Bremsschraube fixirt werden. In der Mitte des Tubus B und gegenüber der Mittelaxe von A befindet sich ein Lummer-Brodhun'sches Prisma p. Dasselbe zerlegt das Gesichtsfeld in einen mittleren kreisförmigen und einen ringförmigen Theil. Ersterer enthält nur Licht, welches in der Richtung des Tubus B eintritt, letzterer nur Licht, welches aus A kommt. Ist in beiden Theilen gleiche Farbe und gleiche Intensität vorhanden, so verschwimmt die Grenze zwischen beiden, und man sieht eine gleichförmige Kreisfläche ohne dunkleren oder helleren Fleck ganz ähnlich wie bei dem Bunsen'schen Fettfleckphotometer. Die eigenartige Construction des Instrumentes bewirkt es hierbei, dass, wie auch die Stellung des Tubus B ist, dennoch der Lichteintritt in das Prisma

stets unter dem gleichen Winkel, nämlich normal zu den Eintrittsflächen erfolgt. Das dem Ocular O entgegengesetzte Ende des Tubus B besteht aus einem viereckigen Blechkasten g, auf welchen noch ein Abblendungsrohr k zum Abschlusse seitlichen Lichtes gesetzt werden kann. In den Kasten g können seitwärts eine oder mehrere Milchglasplatten geschoben werden.

An dem Oculartheile befindet sich ein Schieber mit rother und grüner Glasplatte und einem offenen Ausschnitt, so dass nach Belieben Einstellungen des Photometers in natürlichem (weissem), rothem oder grünem Lichte gemacht werden können. Ausserdem hat das Ocularende noch ein vorschlagbares Reflexionsprisma i, welches bei Messungen von senkrecht oder schräg herabfallendem Licht der grösseren Bequemlichkeit wegen angewandt wird. In dem Ocularauszug sitzt ein Fernrohr zur scharfen Einstellung auf das Prisma.

Um eine punktförmige Lichtquelle (Flamme), welche gleiche Farbe wie das Normallicht (Benzinkerze) hat, zu messen, wird der Tubus B genau auf die Flamme gerichtet und die Benzinkerze im Gehäuse genau justirt. Nun schiebt man eine der beigegebenen Milchglasplatten verschiedener Tönung, z. B. Nr. 3, in den Kasten g, schliesst dessen seitliche Klappe und misst die Entfernung (R) von dieser Platte bis zur Mitte der Untersuchungsflamme in Centimetern. Wenn thunlich, mache man diesen Abstand zur Erleichterung der Rechnung genau gleich 100 cm. Durch Drehen des Knopfes f nähert oder entfernt man die in A befindliche runde Milchglasplatte f von der Benzinkerze, bis Mitte und Rand des Gesichtsfeldes auf gleiche Helligkeit gebracht sind. Sollte trotz grösster Annäherung der Milchglasplatte f an die Benzinkerze das innere kreisförmige Gesichtsfeld noch heller bleiben als das äussere ringförmige, so schiebt man zu der Platte Nr. 3 noch Nr. 4, 5 u. s. w. in den Kasten g ein, bis Gleichheit der Helligkeit erzielt wird. Sollte andererseits der Fall eintreten, dass der äussere Ring auch bei ganz bis an das andere Ende gedrehtem Knopfe f noch heller bleibt, so muss man die Entfernung R verkleinern, etwa bis auf 30 oder 50 cm. Durch diese Hilfsmittel wird es in allen Fällen gelingen, das ganze Gesichtsfeld gleich hell zu machen. Man erkennt nun auch mit ausserordentlicher Schärfe, ob die zunächst gemachte Annahme, dass die zu untersuchende Lichtart gleiche Farbe mit dem Benzinlicht hat, wirklich genau zutrifft. Denn nur in diesem Falle lässt sich eine Stellung der runden Milchglasplatte finden, in der das ganze Gesichts-

feld völlig homogen wird. Jede geringste Farbenabweichung, z. B. die Aenderungen des mehr oder weniger weissen Gaslichtes, sind leicht zu erkennen.

Man liest nun die Stellung des Zeigers an der grossen Millimeterscala ab (r) und überzeugt sich nochmals, ob die Flammenlänge in der Benzinkerze constant = 20 mm geblieben ist. Alsdann berechnet man die Itensität J der untersuchten Flamme nach der Formel

$$J = \frac{R^2}{r^2} \times C_3.$$

Hierin sind R und r die beiden mehrfach erwähnten Entfernungen in Centimetern und C_3 ein Coefficient, der für die in den Kasten g eingeschobene Platte Nr. 3 resp. für mehrere solcher Platten ein für allemal ermittelt ist.

Beispiel: War die untersuchte Flamme in einer Entfernung R = 100 cm von der Platte Nr. 3 aufgestellt und wurde die Einstellung der runden Platte gemacht bei r = 25,5 cm, während der Werth von $C_3 = 0,33$ sein möge, so berechnet sich

$$J = \frac{100 \times 100}{25,5 \times 25,5} \times 0,33 = 5,07.$$

Die für die einzelnen Platten gültigen Coefficienten (Constanten) werden dem Apparate beigegeben, ebenso eine ausführliche Anleitung über die Messung diffusen Lichtes oder von Lichtarten, die mit dem Normallicht ungleiche Farben haben, ferner über die Bestimmungen der Constanten des Photometers u. s. w.

Ueber die Brauchbarkeit des Weber'schen Photometers urtheilt Cohn: Mit Hilfe dieses ausgezeichneten Apparates ist man im Stande, bei jeder beliebigen Fläche, ob sie senkrecht, wagerecht oder schräg steht, sobald man nur den Tubus B auf sie einstellen kann, zu sagen, dass diese Fläche ebenso hell erleuchtet sei, als wenn x Normalkerzen in 1 m Entfernung ihr gegenüber aufgestellt würden.

Die Tagesbeleuchtung.

Die gesundheitsgemässe Tagesbeleuchtung der Schulzimmer hat folgende Haupterfordernisse:

1. dass die Himmelsrichtung, aus welcher die Beleuchtung herkommt, die genügende Lichtmenge spendet;
2. dass das Tageslicht durch keinerlei hinderliche Gegenstände von dem Schulzimmer abgehalten wird;

3. dass das Licht genügende Eingangsöffnungen in den Mauern des Schulgebäudes vorfindet, mit anderen Worten, dass die Fenster des Schulzimmers hinlänglich gross und zahlreich sind;
4. dass die Fenster zweckmässig angebracht sind;
5. dass die inneren Einrichtungen des Schulzimmers zweckmässig getroffen sind, um das Licht, welches eindringt, zweckmässig zu vertheilen und nicht verloren gehen zu lassen;
6. dass auch die Schutzvorrichtungen zur Abhaltung directen Sonnenlichtes geeignet gefertigt werden.

1. Lage der Fenster nach der Himmelsrichtung. Gelegentlich der Angaben über die Orientirung des Hauses (S. 77 ff.) wurde schon festgestellt, dass die Lage nach O., NO. oder SO. neben mancherlei anderen Gründen deshalb den Vorzug verdiene, weil sie die reichlichste Lichtmenge spende; denn die Morgenstunden sind weitaus am meisten dem Schulunterricht gewidmet, und für diese Zeit ist die aus dem Osten kommende Lichtmenge die reichlichste. Wo der Osten oder eine nach ihm hinneigende Himmelsrichtung nicht zu erreichen ist, wird immer noch der Süden dem Norden vorzuziehen sein, weil die Lichtintensität der Südseite bedeutender ist als die der Nordseite. Cohn[1]) konnte photometrisch nachweisen, dass selbst an trüben Tagen vom Südhimmel mehr Licht in das Zimmer gelangt als vom Nordhimmel, und dass eine Anzahl der Schüler der Realschule am Zwinger in Breslau in einer nördlich gelegenen Klasse die Probetafel auf 1,255 m nicht erkannten, welche sie in einem südlich gelegenen Zimmer, bei gleicher Fenstergrösse, gleichem Stockwerk, gleich freier Umgebung wohl zu erkennen vermochten. Cohn entscheidet sich für den Osten und Süden, weil, wie er sich ausdrückt, in einer Schule nie zu viel Licht sein könne, und er sich dabei auf Javal's Wort stützt: Man muss eine Schule mit Licht überschwemmen, damit an dunkeln Tagen der dunkelste Platz der Klasse hinreichend hell sei. Gegen zu helle und zu warme Sonnenstrahlen kann man sich durch Vorhänge schützen, obwohl diese an Tagen, wo Sonnenschein und Bewölkung wechseln, eine häufige Veränderung erfordern, wenn durch sie eine gleichmässige Beleuchtung erzielt werden soll. In dieser Beziehung

---

[1]) Cohn, Lehrbuch der Hygiene des Auges. Wien 1891/92. p. 376.

haben Nordzimmer einen Vorzug vor allen anderen Lagen, weil bei ihnen keine Vorhänge nothwendig sind.

Nur für Zeichensäle wird es wegen des Bedürfnisses nach beständigem, ruhigem Licht zweckmässig sein, die Fensterseite nach Norden zu verlegen.

2. Die Umgebung des Schulhauses. Die Erfüllung der Forderung, dass das Tageslicht durch keinerlei hinderliche Gegenstände von dem Schulzimmer abgehalten wird, hängt ab von der Gesammtsumme der Beziehungen des Schulgebäudes, speciell des Schulzimmers, zu der Umgebung. Schon oben, als von der Lage des Bauplatzes gesprochen wurde, ist darauf hingewiesen, dass ein grösserer freier Platz den besten Bauplatz gewähren würde, damit der Zutritt ausreichender Lichtmengen zum Schulhause nicht behindert werde. Ferner ist, wie dies auch Zwez und Cohn betonen, Vorsorge zu treffen, dass auch in Zukunft nicht in der Nähe des Schulhauses Baulichkeiten aufgeführt werden, welche den Zimmern das nothwendige Licht rauben.

In Grossstädten wird aber in den meisten Fällen das Schulhaus in einer beiderseitig bebauten Strasse errichtet werden müssen. Wo hohe Gebäude dem Schulhause gegenüberliegen, befindet sich in jedem Schulzimmer eine ungenügend beleuchtete Zone an der dem Fenster gegenüberliegenden Wand. Diese Zone ist, selbst wenn die Fenster in den einzelnen Stockwerken gleich gross sind, um so schmaler, in einem je höheren Stockwerke sich das Zimmer befindet, weil der lichthemmende Einfluss der gegenüberstehenden Häuser dort geringer ist als in den unteren Stockwerken. Gegenüberstehende Gebäude werden das Schulzimmer um so mehr des Lichtes berauben, je höher sie über das Niveau der Fenster desselben hinaufreichen, und je näher sie bei gleicher Höhe an das Schulzimmer herantreten, d. h. je geringer ihre Horizontaldistanz von den Fenstern des Schulzimmers ist. Der Effect des ganzen Einflusses wird resultiren aus der Höhe und dem Horizontalabstande, so zwar, dass der Einfluss, welchen die Höhe ausübt, umgekehrt proportional ist der Horizontaldistanz. Mit einer gewissen Grösse der letzteren wird der lichtbeeinträchtigende Einfluss vollständig aufhören.

Als Minimum der Horizontaldistanz und der Haushöhe wird angenommen, dass letztere die Strassenbreite nicht überschreiten soll. Unter Haushöhe ist das Maass von der Strassenoberfläche bis zur Decke des obersten Geschosses, einschliesslich etwaiger steiler Dächer, zu verstehen. Die Strassenbreite ist zwischen den beiden

gegenüberstehenden Häuserfronten, einschliesslich etwaiger Vorgärten und unbebauter Flächen, zu rechnen. Also: Breite der Strasse = Höhe der Häuser; B = H. Aber selbst wenn der Forderung B = H genügt ist, werden nur die nahe am Fenster befindlichen Plätze von ausreichendem Himmelslicht getroffen, während der grösste Theil des Zimmers im Halbdunkel bleibt. Bei diesem Verhältniss dringt das Himmelslicht höchstens bis zur Hälfte der Zimmertiefe in das Erdgeschoss ein. Günstiger gestaltet sich jedoch die Beleuchtung mit der grösseren Höhenlage der Etagen.

Bei Aufstellung der Formel B = H ist offenbar nur darauf Bedacht genommen, dass das diffuse Tageslicht in genügender Menge bis zur Sohle der Vorderfläche des Hauses gelangt. Sollen die Parterrezimmer aber möglichst in ihrer ganzen Tiefe Himmelslicht erhalten oder wird eine gewisse Dauer der Besonnung der Hausfront gefordert, so ist ein erheblich grösserer Abstand der Fronten nothwendig, mindestens $B = H + \frac{1}{2} H$, noch besser aber $B = 2H$.

Sollte B jedoch geringer als H sein, so wird das Schulgebäude etwas von der Strasse zurückgesetzt und vor demselben ein Vorgarten oder der Spielplatz angelegt.

Die Forderung nach ausreichender Entfernung der Schulhäuser von den gegenüberliegenden Gebäuden lässt sich auch noch in anderer Weise ausdrücken. Die Fensterwand des Schulzimmers muss von diesen Häusern so weit entfernt sein, dass es jedem Schüler möglich ist, durch die Fenster ein Stück des Himmels zu sehen. Ferner ist durch Untersuchungen festgestellt, dass die Höhe des gegenüberstehenden Hauses nicht schadet, wofern sie von einem Fensterbrett im unteren Stockwerke gemessen und berechnet 20 bis 25° nicht übersteigt. (Siehe auch den Abschnitt: Prüfung der Lichtstärke p. 247 ff.) Diese Verhältnisse hat insbesondere Förster klar gestellt und durch die auf p. 248 gegebene Fig. 66 verdeutlicht: Zu beiden Seiten einer 20 m breiten Strasse stehen Gebäude, von denen das links liegende eine Höhe von 20 m hat, das rechts liegende das Schulhaus ist und vier Stockwerke zählt. Die Fenster sind 3 m hoch und reichen bis 0,25 m unter die Zimmerdecke hinauf. In jedem Zimmer bleibt der (in der Zeichnung weiss gelassene) Theil, welcher unterhalb der Schultische liegt, für die Beleuchtung ausser Betracht, weil für die Unterrichtszwecke nur das Licht auf der Schreibfläche von Bedeutung ist. Unmittelbar über der Dachkante des gegenüberstehenden Gebäudes befindet sich der tiefste lichtgebende Punkt des Himmels, von welchem das Licht am weitesten

in das Zimmer dringt, während von jedem höher liegenden Punkt die Strahlen nicht so weit in den Raum gelangen. Wenn man nun von a aus Linien, die Grenzstrahlen, zieht, welche die obere und untere Fensterkante berühren, ab und ac, so umgrenzen diese denjenigen Raum des Zimmers, der von directem Himmelslicht getroffen wird. Die dunkler schattirten Theile der Zimmer erhalten ausser diffusem Licht nur dasjenige Licht, das von den Wänden des gegenüberliegenden Hauses reflectirt wird. Die Abbildung zeigt uns, wie im Erdgeschoss kaum die Hälfte des Zimmers ausreichendes Licht für die Pultflächen erhält. Im ersten Stockwerk bleibt ein etwa 2 m breiter Raum ungenügend beleuchtet; dagegen ist das Licht im zweiten und dritten Stockwerke ausreichend. Eine Vergrösserung der Fenster nach oben hin, die in diesem Falle, wenn sie technischer Verhältnisse wegen überhaupt möglich wäre, nur 0,25 m betragen könnte, würde für die unteren Stockwerke fast nichts nutzen. v. Gruber schlägt daher vor: Wenn an schmalen Strassen Schulen erbaut werden sollen, welche den jetzigen Anforderungen der Hygiene entsprechen, so muss man mit dem heutigen Systeme des Schulbaues brechen und darf die Schulhäuser nicht mehr so anlegen, dass sie in allen Stockwerken Schulzwecken dienen; nur die obersten Geschosse dürfen für diese Zwecke reservirt werden, die unteren sind anderen Aufgaben zu widmen, bei denen das Lichtbedürfniss nicht ein so eminentes ist wie bei Klassenzimmern.

Wichtig ist fernerhin noch die Frontausdehnung, in welcher ein nahes Gebäude dem Schulzimmer gegenüberliegt; es leuchtet ein, dass ein Gebäude, welches die ganze Front des Schulzimmers in der Längenausdehnung überragt, dem letzteren wesentlich mehr Licht raubt als ein schmales hohes Gebäude, an dessen Kanten vorbei Lichtmassen zu den Fenstern des Schulzimmers ihren Weg nehmen können. So kann es kommen, dass hohe schlanke Kirchthürme den Schulzimmern, welche in dem zweiten und dritten Stockwerke gelegen sind, weniger Licht nehmen als niedrige lange Gebäude, welche sich entlang den im Erdgeschoss liegenden Schulzimmern hinziehen.

Was von Gebäuden gesagt ist, gilt natürlich ebenso für alle anderen lichthemmenden Körper; so werden hohe schattige Bäume ihre Kronen vor den Schulfenstern nicht ausbreiten dürfen, und auch das Ziehen von Schlinggewächsen an den Wänden des Schulgebäudes wird besser unterbleiben, weil im hohen Sommer die Ranken in die Fenster hineinragen und dunkle Schatten werfen; desgleichen sollen auch buschige Topfgewächse nicht ihren Platz auf den Fenster-

brettern im Schulzimmer erhalten. So beschattete Zimmer mögen für Privatleute behaglich und angenehm sein, für den Zweck der Schule sind sie unbrauchbar, weil die Kinder nicht, wie der Privatmann, sich den bestbeleuchteten Platz am Fenster aufsuchen können, sondern auf den Plätzen verharren müssen, welche ihnen angewiesen sind, und weil das Schulzimmer bis in die ganze Tiefe seiner Ausdehnung helles Licht braucht.

Als Beispiel für diese die Lichtzufuhr hemmenden Momente sei angeführt, dass Kirchner[1]) bei der Untersuchung der Beleuchtungsverhältnisse im Berliner Leibniz-Gymnasium fand, wie sich die an der anderen Seite der Strasse liegende Thomaskirche in störender Weise geltend machte. Trotz grosser Breite der Strasse wurde doch von den breiten Thürmen und namentlich von dem umfangreichen Kuppelbau, welcher sich über dem Mittelschiff erhebt, eine Anzahl von Plätzen in den der Kirche gerade gegenüberliegenden Klassen beschattet. Andere dunkle Plätze standen unter dem beschattenden Einfluss dichtbelaubter Bäume, die sich vor den Fenstern befanden.

Cohn kommt nach eingehender Prüfung der in Rede stehenden Frage zu dem Schlusse, dass mit der Enge der Gasse, in welcher das Schulhaus gebaut ist, mit der Höhe der vis-à-vis gelegenen Häuser und mit der Lage der Klasse in einem tieferen Stockwerke die Zahl der kurzsichtigen Schüler wächst, und dies geschieht so sicher, dass gewissermassen aus der Anzahl der myopischen Schüler einer Schule die Breite der Strasse, in welcher die Anstalt liegt, bemessen werden kann.

3. Grösse und Gestalt der Fenster. Die reichste Lichtmenge in der Umgebung des Schulgebäudes ist selbstverständlich für das Schulzimmer zwecklos, wenn dem Licht nicht hinlänglich grosse und zahlreiche Eingangsöffnungen geboten werden, wenn also die Fenster zu geringes Flächenmaass repräsentiren. Die Fenster müssen, um es ganz allgemein auszudrücken, möglichst hoch und breit sein, damit eine möglichst grosse Fensterfläche gewonnen und so dem Zimmer eine thunlichst reiche Lichtmenge zugeführt werde. Um einen Maassstab für die Beurtheilung der Helligkeit des Zimmers zu gewinnen, hat man die Grösse der Fenster zu der Grundfläche des Zimmers in Beziehung gesetzt. Was dies Verhältniss anbelangt, so sind folgende Maasse in neueren Berliner Schulbauten durchgeführt bezw. in der Litteratur verlangt:

---

[1]) Kirchner, Untersuchungen über die Entstehung von Kurzsichtigkeit. Zeitschr. f. Hygiene 1889. III. p. 405.

Namen der Schule	Grundfläche der Klasse qm	Glasfläche der Klasse qm	Auf 1 qm Glasfläche kommen Grundfläche qm
A. Langklasse.			
Charlotten-Schule	55,0	10,50	5,24
99. Gemeindeschule	55,0	9,75	5,64
92. „	66,0	10,80	6,17
100/102. „	55,0	9,75	5,64
Falk-Realgymnasium	57,0	10,14	5,62
91/101. Gemeindeschule	56,0	10,30	5,44
87/98. „	60,0	12,24	4,90
94. „	57,0	10,38	5,49
111/118. „	55,0	10,80	5,09
91/109. „	55,0	9,00	6,11
112/129. „	55,0	10,14	5,42
113/128. „	59,0	9,75	6,05
38/125. „	57,0	9,75	5,85
103. „	54,0	9,92	5,44
120/124. „	58,0	9,75	5,95
Lessing-Gymnasium	55,5	9,36	5,93
XII. Realschule	51,0	10,77	4,74
VI. Höhere Mädchenschule	51,5	10,37	5,00
187. Gemeindeschule	53,5	10,14	5,27
168., 182. und 189. Gemeindeschule			
a) einfache Schule	56,0	10,56	5,30
b) Doppelschule	53,0	9,53	5,56
204/213. Gemeindeschule	55,0	11,27	4,88
3/203. „	52,5	11,97	4,45
B. Tiefklasse.			
123. Gemeindeschule	50,0	10,80	4,63 } Fensterbrüstung 1,20 m hoch.
107. „	52,0	9,72	5,36 }

C. In der Literatur werden verlangt auf 1 qm Glasfläche qm Grundfläche

Crefelder Volksschulen (Buchner)	5
Sächs. Cultus-Ministerium, Verordn. v. 3. April 1873	5—6
Württemberg. Verfügung vom 28. December 1870	4—6
Kgl. technische Baudeputation	5
Frankfurter Gutachten	¹/₃ d. Langseite des Zimmers
Baseler Schulen [1]), Töchterschule	3,3—14,9
„ „ Realgymnasium und Realschule	5,3—14,6
Bern, Cantonschule	8,2—16,7
„ Münchenbucher Lehrerseminar	3
Luzern, Gymnasium	5,7—15,2
„ Knabenschule	5,9—14,0
„ Mädchenschule	5,0—22,4
Herzogthum Braunschweig	unter 4 bis über 10 s. die Tabelle von Blasius [2])
Nach Erismann	5,5

[1]) Fankhauser, a. a. O. p. 27.
[2]) Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspflege XII, p. 751 ff.

Bei sonst günstigen Verhältnissen kann angenommen werden, dass die Beleuchtung der Schulzimmer eine ausreichende ist, wenn die Fensterfläche $^1/_5$ der Bodenfläche ausmacht, wenn also auf 1 Glasfläche 5 Bodenfläche (Cohn) kommt. Nun ist aber, wie wir schon gesehen haben, die Umgebung des Gebäudes von wesentlichem Einfluss für die Lichtzufuhr, so dass das Zimmer, selbst bei der freigebigsten Ausstattung mit Fenstern, beträchtlich verdunkelt werden kann. Das Verhältniss von 1 : 5 würde in diesem Falle nicht ausreichen. Ebenso ist dieser Satz völlig unzulänglich, wenn man die Glasfläche auf sehr niedrige Fenster vertheilt. Das Verhältniss zwischen Fenstergrösse und Bodenfläche allein kann uns also nicht in allen Fällen einen richtigen Maassstab für den Grad der Beleuchtung eines Schulzimmers geben. Genauer gefasst sind die Bestimmungen der bayerischen Regierung vom 12. Februar 1874, welche bezüglich der Beleuchtung in Kadettenhäusern fordern, dass für Studirsäle die Gesammtfläche der linken Fensteröffnungen $^1/_6$ der Bodenfläche, bei Studirsälen, deren Helle durch Nachbargebäude beeinträchtigt ist, $^1/_4$ der Bodenfläche betrage und dies bei einer Höhe der Fenster von mindestens 2 m.

Um einen Maassstab für die Helligkeit zu haben, hat man auch berechnet, wieviel Fensterfläche auf jeden Schüler kommen muss. Cohn fordert für jeden Schüler 1368,1—2052,2 qcm Glas, gesteht indess selbst zu, dass es, wiewohl er in höheren Schulen pro Kopf oft 2052,2 qcm Glas und darüber gefunden habe, dort dennoch viel dunkler gewesen sei, als in den freiliegenden Elementarklassen, womit er zugleich ausspricht, dass der von ihm angegebene Maassstab nur gültig ist unter der Voraussetzung, dass die Forderungen bezüglich der Lage und der Umgebung des Schulhauses erfüllt sind. Nach Erismann sollen sogar 2670 qcm Glasfläche auf jeden Schüler kommen. Die Berechnung ist so ausgeführt, dass die Höhe und die Breite eines Fensters multiplicirt und durch die Schülerzahl, für welche dieses Fenster bestimmt sein soll, dividirt wird, wodurch die Quadratfläche von Glas für den einzelnen Schüler herauskommt. Buchner[1]) hält diese Art der Berechnung für weniger zweckmässig, als die Feststellung des Verhältnisses zwischen Glasfläche und quadratischer Fläche des Schulzimmers, was allerdings zutrifft, da einerseits die Schülerzahl zu schwankend ist und andererseits, wie man leicht einsieht, ein Raum, dessen quadratisches Flächenverhältniss zu dem der Fensterquadratfläche einmal verfehlt

[1]) A. a. O. p. 246.

ist, durchaus nicht heller wird, wenn auch eine kleinere Schülerzahl darin ist.

Um ein richtiges Urtheil über die Helligkeit eines Zimmers zu fällen, hat man auch die Fensterhöhe mit der Zimmertiefe in Vergleich gesetzt, und hiermit scheint der beste Maassstab zur Entscheidung dieser Frage gegeben zu sein. Schon bei der Tiefe des Zimmers ist bereits darauf hingewiesen, dass sie nicht 7 m überschreiten darf, wenn das von den Fenstern gewährte Licht noch eine genügende Helligkeit aller Plätze gestatten soll. Nun ist aber der ungünstigste Platz bei einem 7 m tiefen Zimmer 6 m von der Fensterwand entfernt, weil sich an der dem Fenster gegenüberliegenden Wand ein ca. 1 m breiter Gang befindet. Diesen Platz ausreichend zu beleuchten, ist nur dann möglich, wenn sich die Höhe des Fensterscheitels über den Pulten der Subsellien zur Zimmertiefe wie $2\frac{1}{2} : 6$ verhält, oder wenn die Zimmertiefe höchstens gleich der $2\frac{1}{2}$fachen Höhe des oberen Fensterrandes über den Subsellien ist. Es muss in diesem Falle für jenen ungünstigsten Platz die Fensterhöhe $= 6$ m : $2\frac{1}{2} = 2{,}40$ m über den Pulten betragen. Die sächsische Verordnung verlangt, dass die Höhe des Fensterscheitels über der Ebene der Schultische mindestens $\frac{2}{5}$ der Zimmertiefe betrage.

Die Höhe der Fenster ist in erster Linie natürlich abhängig von der Höhe des Schulzimmers. Dieselben müssen möglichst hoch bis an die Decke geführt werden, weil für die tieferen Theile des Klassenraumes die Hauptmasse des Lichtes nur aus der Höhe kommt. Diese Thatsache ist es, die neuerdings immer wieder zur Benutzung des Oberlichtes für Schulen hinleitet (s. Sheddach, p. 193). Ganz bestimmte Vorschriften, bis wie weit von der Decke die Fenster hinaufreichen sollen, lassen sich nicht geben, weil gewisse, die gesammte Construction des Klassenzimmers und selbst des gesammten Schulgebäudes betreffende Verhältnisse dabei mitsprechen; nur muss immer im Auge behalten werden, mit der Fensterhöhe möglichst weit hinaufzugehen und bei sich ergebenden architektonischen Schwierigkeiten eventuell durch Eisenconstructionen den Fenstersturz auf ein Minimunm zu reduziren. In der Regel wird man erreichen können, dass derselbe nur eine Höhe von 0,25 m hat. In Baracken und Fachwerkbauten kann man sogar bis 0,20 m von der Decke hinaufgehen.

Ein grosser Nachtheil für die Zimmerbeleuchtung ist es, wenn der Fenstersturz bogenförmig gestaltet ist. Letzteres ist ein sehr

häufig im angeblich architektonischen Interesse gemachter Fehler, der um so schlimmer wirkt, wenn er, wie es zumeist geschieht, an den für die Beleuchtung ohnehin wenig günstig gelegenen Parterrestockwerken gemacht wird. Der Fenstersturz ist geradlinig oder nur flach gebogen zu gestalten; alle Rund- und Spitzbogen, sowie andere der Lichtzufuhr ungünstige Abschlussformen sind unbedingt zu vermeiden.

Die Fensterbrüstung soll jedenfalls nicht niedriger sein als die Tischhöhe der Subsellien, weil sonst durch das tiefe Einfallen der Lichtstrahlen bis unter die Tischflächen und auf den Fussboden Gelegenheit zur Reflexion gegeben werden dürfte, welche den Augen der Kinder schädlich wird. Gerstenberg giebt an, dass er die Fensterbrüstung in Rücksicht auf die Kinder sogar auf 1,097 bis 1,255 m hoch halten würde, um sogenanntes falsches Licht zu vermeiden, wenn nicht die Rücksichten auf die Façade die niedrige Fensterbrüstung wünschenswerth machen würde; neuere Schulbauten Berlins haben übrigens eine Fensterbrüstung bis 1,2 m. Mindestens sollte sie 1 m hoch sein.

Ebenso wichtig als die Grösse der Fenster ist ihre richtige Vertheilung in der Fensterwand; denn in Folge einer unzweckmässigen Anordnung der lichtgebenden Flächen kann selbst bei reichlich zugemessener Grösse die Helligkeit der Zimmer noch eine mangelhafte sein. Die Fenster müssen auf der langen Fläche gleichmässig vertheilt werden, so dass in dem ganzen Zimmerraume eine möglichst gleichmässige Lichtvertheilung statt hat. Erismann stellt folgendes Schema für die Vertheilung und die Grösse der Fenster in seinem Musterschulzimmer auf:

In der Breite der Wand:

Pfeiler im vorderen Theile des Zimmers . . .	= 1,50 m
4 Fensteröffnungen (à 1,50 m)	= 6,00 „
3 Pfeiler zwischen diesen Fenstern (à 0,30 m) .	= 0,90 „
Pfeiler am hinteren Ende des Zimmers . . .	= 1,00 „
	9,40 m

In der Höhe der Wand:

Vom Boden bis zum unteren Ende der Fensterbrüstung	= 0,90 m
Höhe der Fensteröffnung	= 3,20 „
Höhe des Fenstersturzes	= 0,40 „
	4,50 m

In diesen Angaben erscheint die Höhe des Fenstersturzes uns noch zu bedeutend.

Die Pfeiler zwischen den Fenstern sind bis auf ein möglichstes Minimum zu beschränken, was also nichts anderes heisst, als dass die Fensterbreite so gross genommen wird, wie es nur irgend angeht. Das Münchener Programm setzt fest, dass die Pfeilerbreite nicht über 0,35 m betrage. Sicher ist es vortheilhaft, bei massiven, ganz besonders aber dickeren Mauern dieselben nach innen und aussen abzuschrägen, wie Zwez dies empfiehlt; es dürfte möglich sein, auf solche Weise noch fast 28,0 cm der Breite nach und 14,0 cm der Höhe nach für die Zuströmung des Lichtes zu gewinnen. Indess versteht sich wohl von selbst, dass bei den Fenstern, deren Brüstung nur 0,8 bis 0,9 m hoch ist, diese Abschrägung innen und unten unterbleibt, weil sonst das unterhalb die Tischplatte fallende Licht durch Blendung stören kann. Unter besonders gegebenen Raumverhältnissen wird es am besten sein, nur ein mächtiges Fenster anzulegen, wenngleich das architektonische Aussehen darunter leidet. Immer aber muss der leitende Grundsatz bleiben, dass „nie zu viel Licht“ im Klassenzimmer sein kann, vorausgesetzt natürlich, dass dasselbe von der geeigneten Stelle den Bewohnern des Schulzimmers zugeht.

Dem entsprechend bezeichnet auch Kirchner[1]) als Ideal eines Schulfensters ein zusammenhängendes Fenster, dessen Breite der Länge des Zimmers entspricht und dessen obere Kante dicht unter der Decke liegt. Da durch die unteren Scheiben kein directes Himmelslicht fällt, so braucht die Höhe dieses Fensters nur halb so gross zu sein als die der jetzt gebräuchlichen Fenster. Für ein Schulzimmer von beispielsweise 8 m Länge, 6 m Breite und 4 m Höhe wäre ein Fenster von 7,6 m Breite und 1,25 m Höhe erforderlich. Dieser Vorschlag, die Fenster zusammenzuschieben und so gleichsam in der ganzen äusseren Wand der Schulzimmer nur ein grosses Fenster mit vorderem und hinterem Pfeiler einzusetzen, ist indess, wie schon angedeutet, nur unter besonders gegebenen Verhältnissen zutreffend; im Ganzen ist es zweckmässiger, die gesammte Glasfläche auf mehrere Fenster zu vertheilen. Mit Recht hat Kleiber hervorgehoben, dass es aus physikalischen Gründen zweckmässiger sei, drei Fenster anzulegen statt zwei, wenn dieselben auch so gross gemacht werden, dass ihr Flächeninhalt dem der drei Fenster gleichkommt; denn da das Licht im quadratischen Ver-

[1]) A. a. O. p. 406.

hältniss der wachsenden Entfernung abnimmt, so werden die entfernter sitzenden Schüler von den zwei Fenstern weniger Licht ererhalten, als von den dreien [1]).

Bei der Berechnung der Fensterfläche ist nur die blosse Glasfläche in Betracht zu ziehen. Wir müssen die Fensterkreuze und die seitlichen Verkleidungen völlig ausser Acht lassen; denn diese sind ausgiebige Quellen der Beschattung. Kirchner fand z. B. in zwei hiesigen Gymnasien die Fensterkreuze ca. 12 cm breit. Bei der Höhe des Fensters von 2,28 m und einer Breite von 1,18 m hatte ein solches Kreuz einen Flächenraum von 0,4 qm, um welches Maass sich also die Glasfläche verringerte. Diese vom Fensterkreuz ausgehende Beschattung fällt um so mehr ins Gewicht, als das Kreuz sich zwischen den obersten Scheiben befindet, durch welche das directe Himmelslicht einfällt. Die breiten Fensterkreuze und Seitenverkleidungen müssen wegfallen und durch möglichst schmale Theile ersetzt werden. Am besten dürfte es sogar sein, von eisernen Rahmen Gebrauch zu machen, weil diese die lichtgebende Fläche der Fensteröffnung am wenigsten beschränken. Was nutzt es sonst, grosse Fensteröffnungen in der Mauer zu machen, wenn in denselben massive Holzverkleidungen und Fensterkreuze das Licht beschränken. Eiserne Rahmen haben jedoch manche Nachtheile: sie rosten leicht unter der Einwirkung des Fensterschweisses, und die Verbindung von Glas und Eisen erleichtert den Luftdurchtritt.

Die Fensterscheiben sollen möglichst gross sein. Das Glas muss sich durch gute Beschaffenheit auszeichnen; es soll reinweiss, also nicht von grüner Farbe sein, keine Blasen und Streifen enthalten und vor allem vollkommen ebene Flächen besitzen. Trübe Scheiben, welche durch Reinigen nicht mehr ausreichend klar werden, sind durch neue zu ersetzen. Damit die Kinder nicht durch den Strassenverkehr abgelenkt werden, wird wohl empfohlen, die Scheiben im unteren Theile des Fensters aus mattem Glase herzustellen oder sie mit weissem Kalk- oder Oelfarbenanstrich zu versehen. Wenn hierdurch auch die Beleuchtung nicht wesentlich beeinträchtigt wird, so machen diese matten Scheiben doch keinen angenehmen Eindruck.

Uns erscheint diese Maassregel aus unterrichtlichen Gründen kaum nothwendig, da sich ein Schulkind selbst in grossen Städten und bei lebhaftem Strassenverkehr nur wenig dadurch wird zerstreuen und vom Unterricht abziehen lassen. Neigt dasselbe zur Unauf-

---

[1]) Kleiber, Schulprogramm 1867. p. 37.

merksamkeit, so wird es ebenso gern nach dem blauen Himmel sehen, was sich doch durch Vorrichtungen an den Fenstern nicht verhindern lässt; doch hat dies mehr Interesse für die Pädagogik als für die Hygiene.

In Folge der in doppelter Anzahl vorkommenden Fensterkreuze und Verkleidungen wird durch Doppelfenster die Lichtzufuhr etwas beeinträchtigt. Sie verhindern aber zumeist das „Beschlagen" der Fensterscheiben, das Entstehen von Fensterschweiss, die Bildung von Eis an den Scheiben etc., also diejenigen Zustände, welche bei einfachen Fenstern im Winter häufig eine Verdunkelung der Zimmer verursachen. Auch haben die Doppelfenster noch in anderer Beziehung mannigfache Vortheile (Abhaltung der Kälte, störender Geräusche u. s. w.).

Rietschel empfiehlt beispielsweise Doppelfenster, weil sie den Lufteintritt durch die Fugen des Fensters und damit die Entstehung von Zug, sowie auch das starke Abkühlen und das dadurch bedingte zu schnelle Herabsinken der Luft an den Fenstern verhindern [1]). Aus derartigen Rücksichten ist die Verwendung von Doppelfenstern für die Schulzimmer allgemein anzustreben.

Für die Zwecke der Lüftung ist es nothwendig, dass die Fensterflügel sich leicht öffnen und schliessen lassen.

4. Die Lage der Fenster zum Schreibenden. Was die Lage der Fenster betrifft, so wird sie bestimmt durch die allereinfachste und alltägliche Beobachtung, dass man beim Schreiben die beste Beleuchtung hat, wenn man das Licht ausschliesslich von der linken Seite her erhält. Wenn wir in unseren Arbeitszimmern den Schreibtisch aufstellen, so werden wir, abgesehen davon, dass wir ihn jedes Mal möglichst nahe an das Fenster zu bringen versuchen, es sicherlich so einrichten, dass wir das Fenster links von unserer Hand behalten, weil sonst der Schatten der schreibenden Hand auf die zu beschreibende Stelle des Papiers fällt und dieses dunkel erscheinen lässt. Was nun schon dem einzelnen Menschen, welcher doch wenigstens über die Entfernung, in welcher er sich vom Fenster befinden will, die Entscheidung hat, angenehm und zweckmässig erscheint, das gilt in weitaus erhöhtem Maasse von der Schuljugend,

---

[1]) Der preuss. Minist.-Erlass v. 14. Juli 1882 sagt, dass bei Schulbauten, zu welchen der Fiscus beitragspflichtig ist, die Genehmigung zur Anlage von Doppelfenstern nur dann ertheilt werden kann, wenn die besonders exponirte Lage des Gebäudes und ungünstige klimatische oder sonstige Ortsverhältnisse diese Anlage bedingen. — Dies wird nun freilich für preussische Schulen fast immer zutreffen.



welche mit den ihr angewiesenen Plätzen vorlieb nehmen und darauf verharren muss. Demgemäss ist jede andere Lage der Fenster als fehlerhaft zu betrachten und zu verbannen. Sonderbarerweise ist früher auf diese einfachste Forderung der Zweckmässigkeit, gar nicht zu sprechen der Gesundheitslehre, so wenig geachtet worden, dass man alle nur möglichen Lagen der Fenster vorfand. Cohn berichtet, dass er in 43 Klassen 106 Fenster zur Rechten der Schulkinder gefunden habe; allerdings hatten das Licht ausschliesslich von der rechten Seite nur 3 Klassen, gegenüber 76 Klassen, welche nur linksseitiges Licht hatten, indess ist auch diese geringe Anzahl unbegreiflich. Gegenwärtig wird aber, dank der Verbreitung schulhygienischer Kenntnisse, diese Forderung, dass das Licht von links dem Schüler zufallen soll, wohl allgemein befolgt; sie ist auch bei einseitiger Beleuchtung des Zimmers leicht zu erfüllen, da es nur einer richtigen Aufstellung der Subsellien bedarf. Die Erklärung dafür, dass man ausser dem linksseitigen Lichte gern noch anderweitiges zu beschaffen sich bemühte, mag wohl darin zu suchen sein, dass es Schwierigkeiten hatte, die Schulen so frei hinzustellen, dass sie die gehörige Lichtmenge von ausserhalb ungestört erhielten, um grosse, namentlich ziemlich tiefe Schulklassen zu durchleuchten. Wenn aber mit den oben ausgeführten Principien bei der Wahl des Platzes und der Berücksichtigung der Nachbargebäude verfahren worden ist, wenn auf der anderen Seite die von uns angegebene und jetzt wohl allseits angenommene und gebilligte Raumdisposition für die Schulzimmer zur Ausführung gebracht worden ist, wird sich überhaupt die Nothwendigkeit für mehr als einseitige Beleuchtung kaum herausstellen.

Die schlechteste Beleuchtung ist zweifelsohne die von vorn, um gar nicht zu reden von derjenigen von vorn und rechts zugleich. Jedes Licht, welches von vorn das Auge trifft, blendet, und auf die Dauer ist solches Licht kaum zu ertragen, ganz abgesehen davon, dass Kinder, welche nach der zwischen Fenster und ihnen selbst stehenden Schultafel sehen müssen, auf der dunklen Fläche überhaupt nicht Licht genug haben, um etwas zu erkennen, und so eines wesentlichen Theiles des Unterrichts verlustig werden. Mir selbst ist aus der Prima des Gymnasiums, welches ich derzeit besuchte, diese Beleuchtung, welche mit einer mangelhaften Linksbeleuchtung combinirt war, erinnerlich, und ich weiss genau, welche Schwierigkeit das Erkennen von mathematischen Figuren und Formeln auf der Tafel hatte. Auch ist bei dem Lichteinfall von vorn zu be-

denken, dass nur die auf den vordersten Bänken sitzenden Schüler genügend Licht haben, während die Schreibfläche der weiter im Zimmer sitzenden Kinder von dem Schatten ihrer Vordermänner verdunkelt wird.

Beleuchtung von hinten allein genügt selbstverständlich auch nicht, da ja jeder Körper dann den Schatten vor sich hin auf Bücher und Hefte wirft und dieselben verdunkelt; Kinder, welche auf den vordersten Bänken sitzen, dürften alsdann so gut wie gar nichts mehr sehen. So geht also auch diese Beleuchtungsart nicht an, und selbst die Combination dieser Lichtseite mit der von links ist nicht zu dulden, weil sie den Lehrer irritirt und die Beaufsichtigung der Klasse erschwert oder vollständig unmöglich macht, wie Thomé [1]) sehr richtig hervorhebt; auch der Lehrer kann zweifelsohne hygienische Rücksichten verlangen, welche sich in diesem Falle überdies mit den pädagogischen Interessen decken.

Die Beleuchtung von rechts und links vereint, ist von den bisher erwähnten anomalen Beleuchtungsmethoden noch die allererträglichste, und wiewohl auch sie zu verurtheilen ist, so wird sie zuweilen in älteren Schulgebäuden, welche bei verhältnissmässig niedrigen Zimmern erhebliche Tiefe haben, kaum zu umgehen sein, wenn man nach Möglichkeit den richtigen Anforderungen an die normale Lichtmenge genügen will. In Neubauten sollte sie niemals gestattet werden. Das von beiden Seiten eindringende, sich kreuzende Licht kann sowohl durch Schattenbildung als auch durch eigenthümliche Reflexe den Augen der Kinder nachtheilig werden, und je intensiver das von rechts kommende Licht im Verhältniss zu dem von links einfallenden ist, um so grösser werden die Nachtheile, weil die durch Hand und Feder verursachte Beschattung der Schreibfläche entsprechend stärker wird. In Frankreich ist in dem Falle, dass zwingender Verhältnisse halber die doppelseitige Beleuchtung von links und rechts Verwendung finden muss, die Einrichtung getroffen, dass man verschieden grosse Fenster in den beiden Wänden des Schulzimmers angebracht hat. Zur Rechten befindet sich ein sehr grosses, zur Linken ein halb so grosses Fenster. So giebt es keine Lichtkreuzungen auf dem Tische; der Schatten fällt von links nach rechts, und doch gelangt mehr Licht in die Klasse als bei einseitiger Beleuchtung.

Haben die Schulzimmer eine etwas ungewöhnliche Tiefe und

---

[1]) Thomé, Vortrag über Schulgesundheitspflege. Correspondenzblatt des Niederrheinischen Vereins. Bd. I, p. 112.

liegen die Fenster an der schmalen Wand, so wird man in solchem Falle immerhin gut thun, die Reihe der Subsellien nicht durch parallel zur Fensterwand gehende Zwischenräume zu unterbrechen, sondern die Schultische in möglichste Nähe der Fenster zu bringen; dafür wird der eine Längsgang, welcher sich an der den Fenstern gegenüberliegenden Wand befindet, desto breiter ausfallen können. Auf solche Weise wird es möglich sein, auch den zumeist nach rechts — oder vom Lehrer aus beurtheilt: nach links — sitzenden Schülern ausreichendes Licht zu gewähren [1]).

5. Innere Einrichtung der Schulzimmer. Von den Einrichtungen der Schulzimmer ist neben der eben besprochenen Anordnung der Subsellien, welche mehr für die den einzelnen Kindern zu gewährende Lichtmenge von Bedeutung ist, die Beschaffenheit der Wände für die gesammte Beleuchtung von nicht zu unterschätzendem Werthe. Die Wände dürfen, wie früher schon hervorgehoben wurde, nicht zu hell sein, damit sie das Licht nicht zu intensiv reflectiren; daher ist ein weisser Anstrich zu verbannen. Sie müssen indess auch nicht zu dunkel gestrichen sein, weil sie dann von der einfallenden Lichtmenge zu viel absorbiren. Am besten ist der Anstrich in einer hellgrauen, blau- oder grünlichgrauen Mittelfarbe.

Das Lehrerpult (Katheder) ist nicht an einer mit Fenstern versehenen Wand des Schulzimmers aufzustellen, weil sonst die Kinder geblendet werden. Diese Stellung ist aber auch schon ausgeschlossen, wenn die Subsellien gemäss unseren Ausführungen so aufgestellt sind, dass das Licht für die Schüler nicht von vorn kommt. Damit die Kinder der ersten Bänke den Kopf nicht zu sehr zu drehen brauchen, wenn sie den Lehrer sehen wollen, darf das Pult nicht zu nahe an der ersten Bank stehen.

Die Wandtafel, auf welche wir noch eingehender zurückkommen, befindet sich links neben dem Lehrerpulte und ist in einer solchen

---

[1]) Der preuss. Minist.-Erlass v. 29. Juni 1883 spricht sich dahin aus, dass die Herstellung genügend grosser Fensterflächen auf der dem Schüler zur Linken liegenden Seite der Schulsäle und die Ausführung dieser letzteren in mässiger Tiefe als Grundbedingungen für die Erlangung zweckmässiger Schulsäle angesehen werden muss, und dass nur ausnahmsweise die Anbringung von Fenstern von der Rückseite der Schüler, nie aber von der rechten oder von der Gesichtsseite derselben zulässig ist. Sogenanntes Doppellicht, d. h. Lichteinfall von zwei einander gegenüberliegenden Seiten eines Klassenraumes, widerspricht den Bedingungen einer correcten Beleuchtung und kann deshalb nicht zugelassen werden. Besonders für Volksschulen, bei welchen wohl kaum einmal der Fall eintreten wird, dass eine ungewöhnlich bedeutende Höhe des Klassenraumes die Beleuchtung mit hohem Seitenlicht ermöglicht, der einzige Fall, in welchem Fensteranlagen an entgegengesetzten Seiten für Unterrichtsräume zulässig erscheinen, muss die obige Regel allgemeine Gültigkeit behalten.

Höhe anzubringen oder aufzustellen, dass die Kinder zum Lesen des auf der Wandtafel Geschriebenen die Augen nicht allzusehr zu erheben brauchen, und dass die Schrift von allen Schülern gesehen werden kann. Die Aufstellung der Tafeln zwischen zwei Fenstern oder in unmittelbarer Nähe derselben ist unbedingt zu vermeiden. Wie die Wandtafeln, so müssen auch Abbildungen, Wandkarten u. s. w. so aufgestellt bezw. aufgehängt werden, dass sie von jedem Platze aus ohne Mühe in allen ihren Theilen gesehen werden können und dass sie nicht blenden, was namentlich geschieht, wenn sie einen Lacküberzug erhalten haben.

6. Schutzvorrichtungen zur Abhaltung des Sonnenlichtes. Wo Sonnenlicht direct in das Schulzimmer einfallen oder von benachbarten Gebäuden u. s. w. reflectirt werden kann, sind Vorkehrungen zu treffen, damit das Auge der Schüler von demselben nicht belästigt oder gefährdet werden kann. Von solchen Vorrichtungen fordern wir, dass sie die schädlichen Wirkungen unzweckmässigen Lichtes beseitigen, also die directen Licht- und Wärmestrahlen abhalten, dass sie aber doch noch eine ausreichende Beleuchtung für die im Schulzimmer vorzunehmende Arbeit gewähren. Sie müssen ferner so construirt sein, dass sie zur Zeit des Nichtgebrauches keine Theile des Fensters, namentlich nicht die oberen, bedecken, sowie auch, dass sie nach dem Herablassen ein Offenhalten der Fenster bezw. ein Functioniren der Ventilationseinrichtungen an den Fenstern ermöglichen.

Jalousien, aus schmalen Brettchen bestehend, die sich in jeder Schräge aufstellen lassen, haben den Nachtheil, dass sie in der Zeit der Nichtbenutzung die obersten Fensterscheiben fast zur Hälfte bedecken. Sind sie herabgelassen und sind die Brettchen senkrecht gestellt, so ist es im Zimmer zu dunkel; liegen letztere wagerecht, so kann etwa die Hälfte des Lichtes in das Zimmer eindringen; da aber nicht selten das Sonnenlicht durch die breiten Zwischenräume einfällt, so entsteht in dem Zimmer ein höchst schädliches Licht, indem hell beleuchtete Streifen mit beschatteten abwechseln. Nur bei schräger Stellung der Brettchen wird eine zweckmässigere, in der Regel aber ungenügende Beleuchtung zu erreichen möglich sein.

Die Marquisen sind zumeist so angebracht, dass sie zur Zeit des Nichtgebrauches den obersten Theil des Fensters verdecken. Aus diesem Grunde sind sie für Schulzimmer nicht verwendbar. Nur unter der Bedingung, dass diese Wetterrouleaux nach dem Aufziehen

oberhalb der Fensterfläche liegen, könnte ihre Verwendung an den Fenstern der Schulzimmer gestattet werden. Mit Hilfe der Marquisen wird es in den meisten Fällen möglich sein, das schädliche Licht abzuhalten und dabei doch eine ausreichende Helligkeit zu gestatten. Natürlich müssen die Vorhänge durch entgegengestreckte Eisenstäbe von den Fensterscheiben abgehalten werden.

Die Rouleaux, als Zug- oder Rollvorhänge construirt, werden nach den Untersuchungen H. Cohn's am zweckmässigsten aus feinfädigem Shirting, Köper oder Dowlas gefertigt. Scheint bei halbbewölktem Himmel die Sonne, so wird es oft nothwendig werden, die Vorhänge zu gebrauchen. Damit es dann nicht zu dunkel wird, sollen die Rouleaux möglichst lichtdurchlässig sein. Man wähle daher nur weisse, ecrufarbige oder crêmefarbige Gewebe. Von Cohn's auf photometrischem Wege gefundenen Ergebnissen seien nachstehende mitgetheilt:

Vorhang	Es lassen durch vom Tageslicht	
	rothe Strahlen %	grüne Strahlen %
Weisser Shirting, feinfädig	56	37
Ecrufarbiger Köper, dünnfädig	52	21
Crêmefarbiger Köper, dünnfädig	50	35
Weisser Dowlas, starkfädig	44	45
Gelblich rohes Futterleinen, starkfädig	3,6	1,7
Schmutziger Schulvorhang, rohes Futterleinen, gelblich, starkfädig	1,2	0,3
Dunkelgrün gestreifter, baumwollener, dichter Satin	0,7	5,7
Rohfarbener starkfädiger Leinendrell	0,6	0,2

Cohn[1]) theilt die von ihm untersuchten Vorhangstoffe in vier Gruppen:

1. Mässige, die noch 44—56% rothes Licht und 21—45% grünes Licht durchlassen: weisser, feinfädiger Shirting, ecrufarbiger und crêmefarbiger dünnfädiger Köper und weisser Dowlas.
2. Schlechte, die 6—24% rothes Licht und 4—15% grünes Licht durchlassen: Ecruleinen mit weissen Streifen und Leinen mit dunkelgrauen Streifen.
3. Sehr schlechte, die nur 2—3,8% rothes und 1—5% grünes Licht durchlassen: Brahmtuch, Futterleinen, dunkelgrau gestreiftes Leinen, blauer Satin, streifiger Leinendrell und Segelleinen.

[1]) Budapester Congress, Bd. III, p. 395.

4. Miserable, die nur 0,3—1,2% rothes und 0,1—0,5% grünes Licht durchlassen: schmutzig gewordenes Futterleinen, dunkelfarbige rothe und grüne Satins, imprägnirtes Segelleinen und starkfädiger Leinendrell.

Vor allem ist zu warnen vor der Beschaffung gemusterter Vorhänge und besonders solcher, welche durch aufgedruckte Bilder, Zeichnungen u. s. w. auch noch als Lehrmittel gebraucht werden sollen.

Der gewöhnliche von oben herabzulassende Vorhang hat den Nachtheil, dass das ganze Fenster verhängt werden muss, wenn die Sonnenstrahlen auch nur den unteren Theil des Fensters treffen. Unten aufgerollte Vorhänge zeigen einen ähnlichen Mangel, indem auch das ganze Fenster verdeckt werden muss, wenn nur von oben Sonnenstrahlen störend in das Zimmer gelangen. Man hat nun neuerdings solche Vorhänge construirt, die sowohl von unten nach oben, als auch umgekehrt aufgerollt werden können, so dass es also möglich ist, beliebige Theile des Fensters oben oder unten zu bedecken. Mit Hilfe dünner eiserner Leitstangen, Porzellanringe und Schnüre ist diese Einrichtung ohne Schwierigkeit auszuführen. Derartige Vorhänge, die nach dem Muster derjenigen des Kaiser und Kaiserin Friedrich-Kinderkrankenhauses angefertigt waren, befanden sich in den Schulzimmern der Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896; sie functioniren tadellos und sind um so mehr zu empfehlen, als sie bei einigem Abstand von dem Fenster ein Oeffnen desselben bis zu einem gewissen Grade unbehindert gestatten. — Werden die Vorhänge von der Seite her vorgezogen, so ist zu fordern, dass sie in der Zeit, während welcher sie nicht gebraucht werden, keine Theile der lichtgebenden Fläche bedecken, und dass sie in der Regel ungetheilt sind, weil sonst zwischen den beiden Theilen des Vorhanges ein Spalt bleibt, durch welchen die Sonne in das Zimmer eindringen kann. Von dieser Art der Vorhänge sind Hensel's Werfvorhänge empfehlenswerth, die mittelst vernickelter Ringe an 16—26 mm starken Gasrohren hängen. Letztere sind im Halbbogenbügel gearbeitet und so angebracht, dass sie ca. 25 cm von dem Fenster abstehen. In Folge des hierdurch gebildeten Raumes ist ein Offenbleiben der Fenster selbst bei ganz geschlossenem Vorhange möglich. Die Benutzung ist überaus einfach, da sich die Vorhänge leicht nach der Seite ziehen lassen; Zugvorrichtungen, Schnüre u. s. w. sind nicht nothwendig; auch lassen sich einzelne Theile der Fenster verdecken.

Die künstliche Beleuchtung.

Beschränkung des Schulunterrichts bei künstlicher Beleuchtung. Nachtheile des künstlichen Lichtes. Als wichtiger, für die Schulhygiene feststehender Grundsatz muss gelten, dass der Schulunterricht nur auf die Tageszeit zu beschränken sei, so dass also für die Schule jede künstliche Beleuchtung überflüssig erscheint. Allerdings werden Ausnahmen von dieser Regel sich nicht immer vermeiden lassen. Zur Winterszeit ist während der ersten Unterrichtsstunden in einzelnen Fällen das Tageslicht für das Lesen und Schreiben nicht ausreichend. Wird am Nachmittage Unterricht ertheilt, eine Nothwendigkeit, die eintritt, wenn am Vormittage nicht alle Unterrichtsstunden gegeben werden können, so ist während der Wintermonate häufig genug schon von 3 Uhr an die Tagesbeleuchtung eine unzureichende, namentlich für die technischen Fächer, wie Zeichnen, Schreiben, weibliche Handarbeiten, die zumeist in den Nachmittagsstunden betrieben werden. Es ist daher nicht angängig, allgemein zu fordern, dass, wie für die Volksschule, welche meist mit jüngeren Kindern arbeitet, und für die unteren Klassen der höheren Schulen, auch in den höheren Stufen der letzteren mit dem Eintreten der Abenddämmerung der Unterricht aufzuhören habe, und dass künstliche Beleuchtung ein für allemal auszuschliessen sei. Es müssen eben die besonderen Verhältnisse berücksichtigt werden, und da in Folge der Fortschritte in der Beleuchtungstechnik die früher hervorgetretenen Nachtheile des künstlichen Lichtes beseitigt bezw. vermindert sind, so kann letzteres ohne grosse Bedenken dann verwendet werden, wenn die Tagesbeleuchtung nicht mehr ausreicht. Ferner ist zu bedenken, dass der Unterricht in den Fortbildungsschulen zum grössten Theile am Abend ertheilt wird und künstliche Beleuchtung nöthig macht.

Natürlich kann selbst das beste künstliche Licht nicht ein gutes Tageslicht ersetzen und muss daher immer als ein Nothbehelf angesehen werden.

Jede anhaltende Arbeit bei künstlicher Beleuchtung gefährdet das Augenlicht, weil die Strahlen der künstlichen Lichtquelle nicht wie die des Sonnenlichtes diffundirt, sondern mehr oder weniger direct in unser Auge gelangen; es geschieht also gerade dasjenige, was wir beim Sonnenlicht vermeiden, da wir uns mit unseren Arbeiten fast nie dem directen Sonnenlichte aussetzen, sondern entweder den

Schatten aufsuchen, oder uns doch nach solcher Himmelsrichtung wenden, welche überhaupt nur diffundirtes Licht gestattet, also nach dem Norden. Eine Ausnahme findet nur statt bei den Einrichtungen für die indirecte Beleuchtung, auf welche wir unten noch näher eingehen; jedoch sind nur wenige der künstlichen Lichtquellen stark genug, um bei indirecter Strahlenverbreitung Licht in genügender Menge herzugeben.

Bei directer Beleuchtung der Schülerplätze und bei Verwendung von Lichtquellen geringer Intensität sind wir gezwungen, die Flammen unserm Arbeitstische möglichst nahe zu bringen, mit Hintansetzung der Beleuchtung des übrigen Raumes; so ergeben sich intensive Contraste der Lichtquantität in den verschiedenen Theilen des Raumes, welche für das Auge nicht wohlthuend sind. Wenn nun solcher Mangel schon für den einzelnen Arbeiter Bedeutung hat, der doch im Stande ist, wenigstens die Lichtquantität durch Annäherung an die Lichtquelle in beliebiger, wenigstens ausreichender Fülle zu bestimmen, so leuchtet ein, dass bei einer grösseren Anzahl von Menschen, welche in bestimmter, gegebener Entfernung von der Lichtquelle verharren müssen, diese Contrastwirkungen eine noch wichtigere Rolle spielen. Kinder, welche um ein Licht herumsitzen, werden niemals davon abgehalten werden können, die Augen von dem beleuchteten Buche aufzuschlagen und in dem dunkeln Raume umherschweifen zu lassen. Aus diesem Grunde sind solche Schutzmaassregeln, wie undurchsichtige oder dunkelgrüne Lampenschirme, wenn dieselben allerdings auch geeignet sind, die Lichtmasse auf einen Punkt gleichsam zu concentriren und so indirect zu vermehren, zu verurtheilen, wenn nicht etwa die Lichtintensität der Lampe gross genug ist, um auch bei Anwendung des Schirmes den ganzen Raum des Schulzimmers ziemlich ausgiebig zu durchleuchten. In der Regel werden aber die oberhalb der Flammen belegenen Partien des Raumes wenig beleuchtet sein, weil die Schirme kein directes Licht nach oben gelangen lassen. — Das künstliche Licht ist ausserdem weit entfernt von der Weisse des Sonnenlichtes, was man sehr deutlich erkennen kann, wenn man bei Tageshelle einmal künstliche Beleuchtung eintreten lässt. Eine des Abends im schönen Weiss erglänzende Gasflamme erscheint uns am Tage, abgesehen von der Erbärmlichkeit ihrer Lichtmenge, gelb bis roth. Dieses Vorwalten der rothen und gelben Lichtstrahlen, welche das Auge reizen, macht ebenfalls die künstliche Beleuchtung schädlich. Wollten wir, wie es vorgeschlagen ist, diesem Uebel entgegenwirken, sei es durch

Anwendung bläulicher Gläser, welche wir selbst vor das Auge bringen oder in Form von gefärbten Lampencylindern gebrauchen, so würde dies immer nur unzureichend geschehen; zudem würde die durch diese Mittel verursachte Absorption von Licht eine Verstärkung der Flammen nothwendig machen, wenn nicht Nachtheile für das Auge eintreten sollen. — Es unterscheidet sich endlich das künstliche Licht von der Tagesbeleuchtung zuweilen noch durch die Unruhe der Lichtflamme, welche rasche und höchst unbehagliche Schwankungen in der Lichtintensität zur Folge hat. Wir haben im Tageslicht dieselbe oder wenigstens eine annähernd ähnliche Erscheinung, wenn kleine Wolken, im raschen Wechsel an der Sonne vorüberziehend, dieselbe für Momente verdunkeln, und wir wissen, dass selbst dieser in viel längeren Zeiträumen wiederkehrende Wechsel der Lichtintensität unserm Auge unangenehm ist; wie viel mehr ist dies der Fall bei Abendbeleuchtung, wo nicht selten Flackern und Zucken der Lichtflamme theils durch die Eigenthümlichkeit der zur Verwendung kommenden Leuchtstoffe bewirkt wird, theils bei jeder rascheren Luftströmung eintritt, und dasselbe nicht immer durch Schutzvorkehrungen völlig eliminirt werden kann. Alle die genannten Nachtheile hat die künstliche Beleuchtung, und wir müssen wiederholen, dass dieselben zunehmen in dem Maasse, als der Einzelne, welcher sich der künstlichen Beleuchtung zu bedienen hat, diese nicht für sein Auge individualisiren kann. Dieselbe Lichtquelle wird auf zwei Menschen, welche sie für sich verwenden, ganz verschiedene Effecte ausüben, je nach der Empfindlichkeit ihrer Netzhaut und auch je nach der Gewöhnung; dasselbe Licht wird dem Einen zu hell, dem Andern zu dunkel erscheinen. In der Schule nun gar, wo immerhin eine Gruppe von Schülern sich einer und derselben Lichtquelle bedienen muss, wird selbst der aufmerksamste Lehrer nicht im Stande sein, jedem Kinde diejenige Lichtmenge zu bemessen, welche dasselbe für sein Auge bedarf, schon deshalb nicht, weil das Kind nicht geübt genug ist, anzugeben, ob die zugeführte Menge Lichtes seinem Auge genüge oder für dasselbe zu viel sei, und weil der Lehrer sich selbst und die Gewöhnung seines Auges durchaus nicht zum Maassstab nehmen kann. — Keine der künstlichen Beleuchtungsmethoden vermag also das Sonnenlicht in allen seinen Wirkungen zu ersetzen; ja viele derselben erzeugen stets geringere oder grössere Nachtheile für die Gesundheit. Man sollte daher die künstliche Beleuchtung stets nur als das nicht vollwerthige Ersatzmittel der natürlichen betrachten und verwenden (Rubner).

Alles dies zusammengenommen bestätigt die Richtigkeit der Forderung, dass des Abends und bei künstlicher Beleuchtung der Schulunterricht nach Möglichkeit zu beschränken sei. Das Auge ist das herrlichste und edelste Organ des menschlichen Organismus und bedarf wie kein anderes der höchsten Schonung.

Es wäre nach den vorstehenden Ausführungen berechtigt, die künstliche Beleuchtung aus den Schulen von einem einzigen hygienischen Gesichtspunkte aus zu verbannen, und wir werden alsbald sehen, dass noch wichtige andere dagegen anzuführen sind; indess kann die Hygiene hier nicht allein der ausschlaggebende Factor sein, sie muss vielmehr wie überall so auch in dieser Frage den wichtigeren Verhältnissen des Lebens einigermassen sich zu adaptiren versuchen. Da nun einmal, wie schon oben ausgeführt, der Schulunterricht bei künstlicher Beleuchtung nicht völlig zu beseitigen ist, so muss auch dasjenige, was hygienisch bezüglich künstlicher Lichtquellen von Bedeutung ist, hier seinen Platz finden.

Beleuchtungsmaterialien, Lampen etc.

Wenn kohlenwasserstoffhaltige Substanzen verbrennen, so entstehen gasförmige Producte, während zugleich fein zertheilter Kohlenstoff ausgeschieden wird. Dieser kommt, falls die Temperatur hoch genug ist, zum Glühen und glüht um so stärker, je höher die auf ihn einwirkende Temperatur ist. Auf diesem Princip beruht im Allgemeinen die Erzeugung des künstlichen Lichtes überhaupt. Um stark leuchtende Lichtquellen zu schaffen, ist es also nothwendig, für eine thunlichst hohe Temperatur innerhalb und ausserhalb der Leuchtflamme zu sorgen, zu welchem Zwecke nicht nur eine geregelte Zufuhr des Brennmaterials, sondern auch eine geregelte Zufuhr von Luft, die womöglich schon vorgewärmt ist, einzurichten ist. Neben den leuchtenden Strahlen enthält jede Flamme nun auch Wärmestrahlen, und zwar sind letztere verhältnissmässig in um so grösserer Menge vorhanden, je geringer die Leuchtkraft ist; denn wie die neueren Untersuchungen ergeben haben, sind die Wärmestrahlen einer Lichtquelle das Anzeichen dafür, dass dieselbe für die Beleuchtung schlecht ausgenutzt ist, weil die Kraftleistung, welche in den Wärmestrahlen liegt, für die Beleuchtung verloren geht. Je höher die Temperatur einer Lichtquelle ist, um so weisser ist das Licht, das sich nun mehr der Farbe des Sonnenlichtes nähert.

Petroleum. Für die Beleuchtung von Schulzimmern werden Kerzen und fette Oele gegenwärtig nicht mehr gebraucht; dagegen findet das Petroleum auf dem Lande und in kleinen Städten, die noch kein Gas haben, ausschliessliche Verwendung. Die natürlich vorkommenden, für Leuchtzwecke nicht direct verwerthbaren Erdöle werden raffinirt, d. h. durch Destillation und nachfolgende Behandlung der Destillationsproducte mit Natron, Schwefelsäure und Wasser von den leicht flüchtigen und explosiblen Kohlenwasserstoffen befreit. Ein zu grosser Gehalt an leicht flüchtigen Bestandtheilen, die oft wesentlich unter 150° überdestilliren, ist unzulässig, weil die in dem erwärmten Oelbehälter einer brennenden Lampe aus dem Petroleum sich entwickelnden Dämpfe sich leicht entzünden. Petroleum, das bei einem Barometerdruck von 760 mm noch unter einer Temperatur von 21° entzündliche Dämpfe entwickelt, ist in Deutschland für den Verkauf und Gebrauch als gefährliches Brennöl ausgeschlossen (Gesetz vom 14. Mai 1879).

Die Helligkeit der Petroleumflammen ist nicht nur abhängig von der Grösse des Brenners, sondern auch wesentlich von der Art desselben. Man unterscheidet in letzterer Beziehung die Flachbrenner mit der Dochtführung durch einen ebenen Schlitz und mit bandförmiger Lichtfläche, die Rundbrenner mit kreisförmiger Dochthülse und röhrenförmigem Lichtkegel und die Sonnenbrenner mit kreisförmiger Dochthülse, einer Brennscheibe über dem Dochtende und kugelförmiger Flamme.

Eine frei brennende Petroleumflamme liefert, ohne zu russen, kaum mehr als 2—3 Normalkerzen. Um einen stärkeren Lichteffect zu erzielen und dabei doch trotz der zur Verwendung kommenden grösseren Menge Petroleum eine völlige Verbrennung zu erzielen, also das Russen zu vermeiden, muss die Luftzufuhr durch Aufsetzen eines Cylinders regulirt werden, welcher auch bewirkt, dass die Luftbewegung stets eine senkrecht aufsteigende ist und dass seitliche Strömungen ferngehalten werden, wodurch wir ausser der völligen Verbrennung auch eine ruhige und stetige Flamme erhalten. Es ist daher nothwendig, dieser Luftzufuhr von unten in den Cylinder besondere Sorgfalt zuzuwenden. Ist die Luftzufuhr zu gross, so bleibt die Temperatur der Flamme zu niedrig, so dass die Kohlenpartikelchen nur zur Rothgluth gebracht werden oder die Flamme gar zu russen anfängt. Bei den Rundbrennern wird die Luft auch in das Innere der Flamme geführt, damit diese von beiden Seiten in ausgedehnte Berührung mit der Luft kommt; dasselbe ist

auch bei den Sonnenbrennern der Fall, bei welchen die in der Mitte der Flamme ausströmende Luft gegen die Brennerscheibe stösst und nun nach allen Seiten schräg abgelenkt wird, wodurch die Flamme ihre kugelige Gestalt erhält. Um die Flamme in eine möglichst innige Berührung mit der Luft zu bringen und im Brennerraume eine thunlichst hohe Temperatur zu erzeugen, erhalten die Cylinder der Petroleumrundbrenner eine Einschnürung, deren Lage für das gute Brennen von grosser Wichtigkeit ist; denn nur bei einer bestimmten Höhe dieser Einschnürung über dem Dochtende, etwa 10—13 mm, wird die grösste Helligkeit erzielt. Für die kugelförmigen Flammen der Sonnenbrenner müssen die Cylinder eine entsprechende Ausbauchung aufweisen. Damit nicht eine grosse Menge der durch die Verbrennung producirten Wärme verbraucht wird, um die von aussen zuströmende Luft auf den zur Unterhaltung der Verbrennung erforderlichen Temperaturgrad zu bringen, sind Verbesserungen an den Lampen getroffen, durch welche die der Flamme zuströmende Luft vorgewärmt wird, so z. B. bei der Patent-Reichslampe von Schuster & Bär. Ein 20liniger Brenner dieser Construction giebt 45 Normalkerzen, ein 40liniger Brenner 115 Normalkerzen Helligkeit. Die Leuchtkraft des Petroleums ist nicht constant, sondern vermindert sich nach Rubner allmählich durch Russansatz, ferner dadurch, dass die leichter flüchtigen Bestandtheile des Oeles anfänglich leichter verbrennen und die schwerer flüchtigen im Bassin sich ansammeln, und endlich durch die Aenderung der Saughöhe, welche ja mit dem Sinken des Petroleumspiegels in dem Bassin immer grösser wird. Als weitere Factoren sind noch zu nennen die Schwierigkeit, den Docht gleichmässig hoch zu schrauben, die verminderte Saugwirkung bei längerem Gebrauch des Dochtes und die Ausserachtlassung peinlichster Sauberkeit.

Cohn hat die gangbarsten Systeme der Petroleumlampen auf die von ihnen gewährte Helligkeit untersucht und zwar zunächst für ein der Flamme in 1 m Entfernung gegenüberstehendes Papier. Es fanden sich folgende Helligkeiten:

I. Excelsior Rund- (Sonnen)brenner	II. Sonnenbrenner	III. Rundbrenner, 14linig	IV. Rundbrenner, 10linig	V. Flachbrenner
15,3	12,7	8,3	6,1	5 Normalkerzen.

Natürlich ist die Beleuchtung unterhalb der Flamme, also für die wagerechte Tischplatte, noch geringer, weil die Lichtstrahlen mehr oder weniger schräg auf diese Fläche auffallen. Eine Verstärkung der Lichtintensität kann für diese Partien durch die Ver-

wendung von Glocken erreicht werden. Cohn constatirte auf der wagerechten Fläche bei einer seitlichen Entfernung von 0,25 m vom Brenner folgende Helligkeiten:

	I	II	III	IV	V
Ohne Glocke	36	23	21	31,5	17
Mit Glocke	79	65	59	65,5	34
Gewinn durch die Glocke	119%	182%	181%	108%	100%

Der Gewinn für die Beleuchtung der unterhalb der Flamme liegenden Flächen ist also ein bedeutender. Von den Glocken ist die Trichterglocke aus Milchglas die beste, weil sie in nahezu allen seitlichen Distanzen mehr Licht gewährt als die Kugel- und Tulpenglocke (Cohn). In 1 m seitlicher Entfernung von der Lampe war die Helligkeit bei

I	II	III	IV	V
4,5	3,5	1,7	1,5	<1

Vergleichen wir diese Zahlen, die für die wagerechte Fläche unter Verwendung von Glocken gefunden sind, mit den Ergebnissen, welche für 1 m gegenüber der Flamme ohne Glocke gefunden wurden, so zeigt sich die durch den schrägen Lichteinfall bedingte grosse Abnahme der Intensität. Wird das Blatt weiter als 1 m seitlich verschoben, so ist bei allen Lampen die Helligkeit unter zwei Kerzen.

Man darf nun aber nicht glauben, dass das Petroleumlicht weit hinter dem Gaslicht zurückstehe. Nach Vogel verhält sich der Leuchtwerth des Petroleums zu dem des Gases wie 87 : 100. Cohn weist darauf hin, dass von Gasflammen, die sich 0,50 m über der Untersuchungsfläche befanden, in 0,50 m seitlicher Entfernung eine Helligkeit von 20—30 Normalkerzen geliefert wurde, während die besten Petroleumlampen bei dem gleichen seitlichen Abstande und in einer Höhe von durchschnittlich 0,30 m 20—27 Normalkerzen Helligkeit gewährten, und er folgert hieraus, dass diese Petroleumlampen sehr gut an Helligkeit mit den Gasflammen bei der Beleuchtung der Schrift concurriren können.

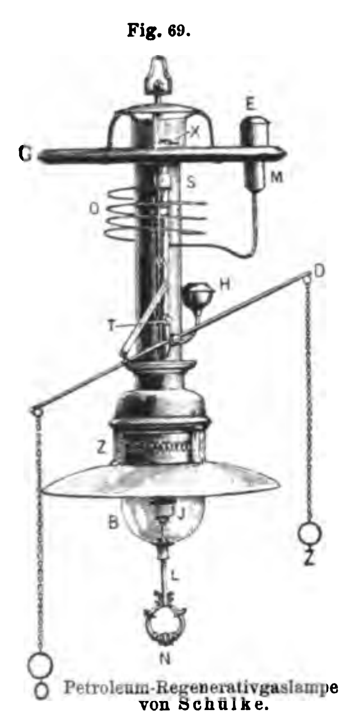
Grosse Sauberkeit der Petroleumlampen, namentlich Offenhalten der Luftzuführungsöffnungen, ist zum guten Brennen nothwendig. Bei richtiger Construction der Lampen, sorgsamer Bedienung und Verwendung besten Petroleums und guter Dochte lässt sich ein weisses, ruhiges und gleichmässiges Licht erzielen.

Unvollständige, der Athmung des Menschen entschieden schädliche Verbrennungsproducte treten bei den Petroleumlampen dann

auf, wenn die Flammen nahe bis an die Grenze des Russens gekommen sind oder wenn sie zu niedrig geschraubt werden.

Die gewöhnliche Petroleumlampe nützt aber bei Weitem nicht genügend das Petroleum zur Lichterzeugung aus; ein erheblicher Theil der Verbrennungswärme muss dazu aufgewendet werden, das Petroleum erst zu verdampfen, und dieser Theil geht der Lichterzeugung verloren. Es ist deshalb ein sehr glücklicher Gedanke gewesen, die Wärme der Verbrennungsgase einer Petroleumlampe dazu auszunutzen, das Petroleum in Dampfform überzuführen, also die Regenerirung der sonst verlorenen Wärme auch bei den Petroleumlampen sich zu Nutze zu machen. Die erzielte Helligkeit ist eine wesentlich grössere als bei den gewöhnlichen Constructionen. So liefert z. B. die Petroleum-Regenerativgaslampe von Schülke (Fig. 69) bei einem Consum von 164 g pro Stunde eine Lichtintensität von 168 Hefnerlicht, gemessen unter 45° Abweichung von der Horizontalen nach unten.

Fig. 69.



Petroleum-Regenerativgaslampe von Schülke.

Bei dieser Lampe befindet sich über dem Brenner ein für den Abzug der Verbrennungsproducte bestimmtes weites Rohr S, an dessen oberem Ende der ringförmige flache Oelbehälter G angebracht ist. Aus diesem fliesst das Petroleum durch einen Schlauch O in das Vergasungsrohr, die sog. Retorte W, die an dem Abzugsrohr befestigt ist und durch die Verbrennungsgase erhitzt wird. In dieser Retorte wird das Petroleum vergast und tritt nun aus einer Reihe ringförmig angeordneter Röhrchen nach unten aus. Die Flamme brennt nach unten, schlägt dann aber um den unteren Rand J des Abzugsrohres wieder empor und wird von einer halbkugeligen Glasglocke umgeben. Die Zufuhr der für die Flamme nöthigen Luft erfolgt durch Oeffnungen Z oberhalb des Brenners, wobei sich die Luft an geeigneten Heizflächen erwärmt, bevor sie an die Brennermündung gelangt. Im Princip gleicht diese Lampe den sogleich zu besprechenden Regenerativ-Gasbrennern von Siemens.

Neuerdings sind auch Petroleum-Glühlampen construirt, die ein

intensives, weisses Licht geben und zur Beleuchtung von Schulzimmern vielleicht geeignet erscheinen; indess ist ihre Handhabung für die Schule zu difficil; auch ist die Construction der Lampe noch nicht definitiv aus dem Versuche heraus gekommen.

Leuchtgas. Die weiteste Verbreitung zur Schulzimmer-Beleuchtung hat gegenwärtig das Leuchtgas, ein aus Steinkohlen gewonnenes, sorgfältig gereinigtes Gemisch brennbarer, zum Theil mit leuchtender, zum Theil mit nicht leuchtender Flamme brennender Gase, dem eine geringe Menge nicht brennbarer Bestandtheile beigemischt ist. Es enthielt das Leuchtgas in Procenten

nach Börnstein (Leuchtgas aus Dresden)		nach Rubner	
Schwere Kohlenwasserstoffe	3,0	Schwere Kohlenwasserstoffe	3,5
Sumpfgas	33,4	Leichte „	36,2
Wasserstoff	48,7	Wasserstoff	50,2
Kohlenoxyd	8,0	Kohlenoxyd	9,1
Stickstoff	4,0		
Kohlensäure	1,5		
Sauerstoff	1,4		

Verunreinigungen des Leuchtgases sind Sauerstoff, Wasserdampf, Stickstoff, Ammoniak, Cyan, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Rhodanverbindungen u. s. w. An und für sich ist die Verwendung von Leuchtgas in Schulen nicht ungefährlich, ebensowohl wegen seiner Giftigkeit, wie wegen der Explosionsgefahren bei unvorsichtiger Handhabung. Der giftige Bestandtheil des Leuchtgases ist das Kohlenoxyd.

Unverbranntes Leuchtgas kann theils aus gar nicht oder aus schlecht geschlossenen Brennerhähnen, theils aus undichten oder schadhaft gewordenen Leitungen in die Zimmerluft treten. Durch die Vermischung der Zimmerluft mit unverbranntem Gas können Explosionen entstehen. Ein Gemisch von atmosphärischer Luft mit 5 % Leuchtgas ist schon entzündlich, mit 7—29 % Gas explosiv, mit 13 bis über 20 % Gas heftig explodirend. Niedriger liegt die Grenze, wo Gesundheitsschädigungen entstehen können, die auf dem Gehalt des Leuchtgases an dem höchst giftigen Kohlenoxyd beruhen. Glücklicherweise steht dieser Schädlichkeit der so charakteristische und leicht erkennbare Geruch des Gases gegenüber; in der Regel werden 0,1—0,2 % Leuchtgas schon wahrgenommen, von feinerem Geruchssinn schon 0,03 ‰.

Leuchtgas trägt durch seine Verbrennung zur Verunreinigung

der Zimmerluft bei. Reines Leuchtgas würde bei der Verbrennung hauptsächlich Wasser und Kohlensäure liefern. Nachtheiliger sind aber die Producte, die bei der Verbrennung der Verunreinigungen des Leuchtgases entstehen. So geben die im Gas zwar sparsam vorkommenden Schwefelverbindungen bei der Verbrennung die schädliche schweflige Säure. Ammoniakbeimischung des Leuchtgases liefert bei der Verbrennung namentlich salpetrige Säure. Freilich sind alle diese Beimengungen bei dem zumeist gut gereinigt gelieferten Leuchtgas so minimal, dass auch die Verbrennungsproducte sich kaum als wirkliche Schädlichkeiten auf den menschlichen Organismus äussern.

Die Leuchtkraft des Gases ist bedingt durch seinen Gehalt an Kohlenwasserstoffen (Propylen, Butylen, Acetylen, Benzin, Propyl, Butyl, Naphthalin); die Ausnutzung der bei der Verbrennung leuchtenden Körper ist aber abhängig von der Verwendung geeigneter Brenner. Die Construction der Brenner ist nun überaus mannigfaltig, und die Verbesserungen auf dem Gebiete der Gasbeleuchtungsindustrie befinden sich auf einem rapid aufsteigenden Wege. Die hauptsächlichsten Modelle von Brennern sind die Schnittbrenner, die Zweiloch-(Bray-)Brenner und die Rund-(Argand-) Brenner. Der Schnittbrenner aus Speckstein hat einen länglichen, schmalen Schlitz für das Ausströmen des Gases. Der Braybrenner enthält in einem runden Stück Speckstein von 9 mm Durchmesser zwei stecknadelkopfgrosse Löcher, die schräg gegen einander gestellt sind. Die Flammen dieser beiden Arten von Brennern sind verschieden und werden nach ihrer Gestalt als Fledermaus- und Schmetterlingsflammen bezeichnet. Der Argandbrenner besitzt einen Specksteinkranz mit 20—40 kleinen Oeffnungen, deren kleine Flammen einen zusammenhängenden Lichtkegel bilden. — Alle freibrennenden Flammen, wie gestaltet auch der Brenner sei, flackern und zucken und geben so ein unruhiges Licht, überdies auch unvollständige Verbrennungsproducte. Daher werden auch Gasflammen zur völligen Ausnutzung der Leuchtkraft, d. i. zur möglichst vollständigen Verbrennung der brennbaren Bestandtheile, mit Cylindern umgeben. Die Helligkeit der Gasflammen ist je nach Art der angewandten Brenner und nach Maassgabe des Druckes, unter welchem das Gas ausströmt, sehr verschieden.

Cohn maass die Helligkeit bei einem Schnittbrenner, dessen Flamme etwa 65 mm breit und 60 mm hoch war, und bei einem Argandbrenner von 22 mm Durchmesser und einer Flamme von

120—125 mm Höhe. Das Gas stand unter dem Druck einer 30 mm hohen Wassersäule. Es ergaben sich in 1 m Entfernung bei dem Rundbrenner 14,7, bei dem Schnittbrenner, wenn dieser mit seiner breiten Fläche dem Papier zugewendet war, 9,5 Normalkerzen Helligkeit, so dass letzterer nur etwa $^2/_3$ der Leuchtkraft des ersteren besitzt. Die Lichtintensität für horizontal auf dem Tische aufgelegtes Papier ergab in verschieden seitlichen Abständen von der Flamme folgende Resultate:

Höhe der Flamme über dem Tische	Brenner	Seitlicher Abstand						
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,50 m	Rundbrenner	1,6	18,9	6,7	3,1	1,8	<1	—
	Schnittbrenner	4,2	6,5	4,3	2,1	1,5	1,0	<1
0,75 m	Rundbrenner	1,0	9,7	4,8	3,0	1,7	1,2	<1
	Schnittbrenner	5,1	8,1	3,6	1,9	1,1	<1	—
1,00 m	Rundbrenner	<1	5,3	4,0	2,8	1,9	1,3	<1
	Schnittbrenner	4,2	6,5	4,3	2,1	1,5	1,0	<1

Der Schnittbrenner gewährt also senkrecht unter der Flamme und in geringem Abstande davon eine bessere Beleuchtung als der Rundbrenner, weil ersterer eine breitere Flamme hat und daher nur einen kleinen Schatten liefert. In einem Seitenabstande von 0,75 m und mehr überwiegt indess fast durchgehend die Helligkeit des Rundbrenners; aber die für den Schülerplatz geforderte Minimal-Helligkeit von 10 Normalkerzen gewährt kein Gasbrenner.

Wie bei Verwendung des Petroleums wird eine bessere Ausnutzung der Leuchtkraft auch bei Gas durch Verwendung geeigneter Glocken gewonnen. Auch der Lichteffect der so angewandten Glocken wurde von Cohn einer Prüfung unterworfen. Es wurde ein Argandbrenner von 22 mm Durchmesser unter Anwendung von unten offenen Milchglasglocken, ferner von Milchglasglocken, welche auf durchsichtige, matte oder Milchglasscheiben, sog. Teller, aufgesetzt waren, aber auch von Reflectoren (polirte und lackirte Blechschirme) geprüft. Hierbei zeigte sich, dass die meisten Glocken, welche unten offen sind, das Licht für senkrecht unter ihnen liegende Plätze ganz bedeutend verstärken, auch in dem Falle, wenn die Flamme höher — bis über 1 m — gestellt wird; jedoch wird dabei die Wärmeausstrahlung oft so wesentlich erhöht, dass sie für die direct unter den Glocken Sitzenden überaus lästig wird. Uebereinstimmend für alle Glocken ergab sich, dass die Lichtstärke ausserordentlich

schnell abnimmt, sobald man von der senkrecht unter der Flamme gelegenen Stelle nach der Seite hin geht. Schon beim ersten halben Meter ist diese Verminderung bedeutend. In dieser und in weiterer Entfernung ist die von den verschiedensten Glocken und Schirmen gewährte Helligkeit unter sich nur so wenig verschieden, dass keine dieser Einrichtungen als besonders vortheilhaft vor der andern hervortritt. Bei der Tellerbeleuchtung raubt die durchsichtige Scheibe weniger, die matte mehr Licht (ca. 30—33 % bei 0,5 m seitlichem Abstande), am meisten aber die Milchglasscheibe (ca. 40—60 %), je nach der verschiedenen Höhe der Flamme über der Untersuchungsfläche. Milchglasglocken lassen übrigens nach allen Richtungen des Zimmers hin genügende Lichtmengen durch, so dass sie das Zimmer nicht wesentlich verdunkeln; dagegen erscheinen bei Anwendung lichtundurchlässiger Metallschirme die oberen Theile des Zimmers entschieden dunkel. Uebrigens erweisen sich polirte Blechschirme geeigneter als lackirte; sie geben ein stärkeres Licht und erhitzen sich nicht in dem gleichen Maasse wie jene. Stark gewölbte Reflectoren verstärken die Helligkeit unter der Flamme und in geringen Entfernungen von derselben; bei weiterem Seitenabstande tritt Lichtverlust ein. Flache Schirme haben einen gegentheiligen Effect, indem sie für grösseren Seitenabstand eine Erhöhung der Helligkeit herbeiführen. Da die Entfernung des Schirmes von der Flamme den Beleuchtungswerth ändert, so ist die günstigste Stellung der Schirme vor ihrer endgültigen Befestigung genau zu ermitteln.

Was die Höhe der Flammen über dem Tische anbelangt, so ergaben Untersuchungen von Weber, dass die maximale Helligkeit erreicht wird, wenn die Höhe der Flammen über dem Tische $^{7}/_{10}$ von der horizontalen Entfernung des Papiers beträgt. Steht also die Flamme 0,70 m hoch, so muss auf dem Tische in 1 m Entfernung die grösste Helligkeit sein. Dies gilt aber nur für punktförmige Flammen. Unsere gebräuchlichen Gasflammen wirken aber nicht als solche, sondern senden nach verschiedenen Richtungen verschieden grosse Lichtmengen aus; namentlich trifft dies für die Schnittbrenner zu, die von ihrer Breitseite mehr Licht verbreiten als von der Schmalseite. In Folge dessen weichen die wirklichen Lichtintensitäten auch von dem Weber'schen Gesetz theilweise ab. Aus Cohn's Untersuchungen ergab sich, dass in 2 m Seitenabstand und mehr die Helligkeit der Flammen ohne Glocke mit ihrer Erhöhung über dem Tische zunahm, ja bei Verwendung von Glocken

war die bessere Belichtung schon von 1 m Seitenabstand ab vorhanden, wenn die Flamme höher gestellt wurde. Cohn giebt hierfür folgende beide Tabellen:

Ohne Glocke, nur mit Glimmercylinder.

Höhe der Flamme über dem Tische	Seitlicher Abstand in Meter						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,50 m	1,6	18,9	6,7	3,1	1,8	< 1,0	—
0,75 m	1,0	9,7	4,8	3,0	1,7	1,2	< 1,0
1,00 m	< 1,0	5,3	4,0	2,8	1,9	1,3	< 1,0

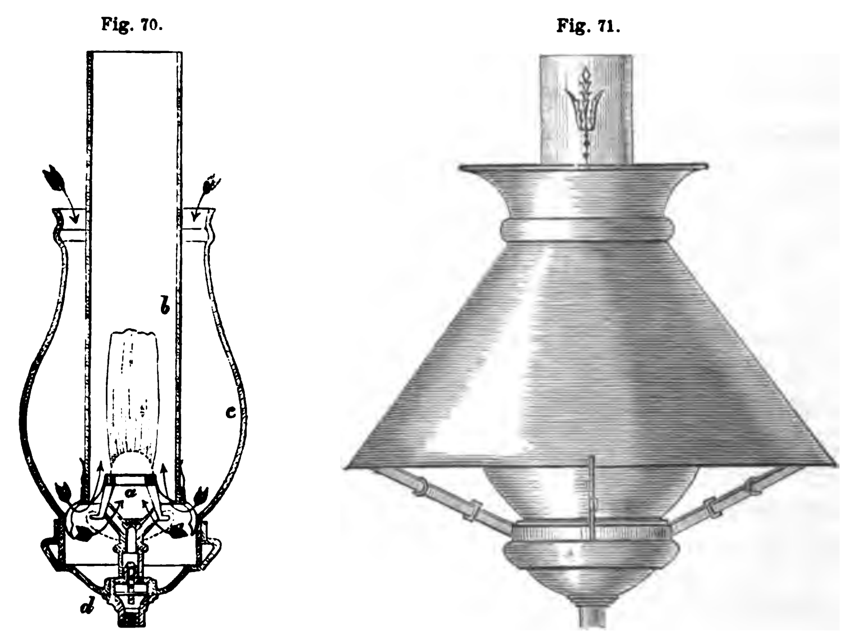
Mit Milchglasglocke.

Höhe der Flamme über dem Tische	Seitlicher Abstand in Meter					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
0,50 m	51,0	24,0	2,1	< 1,0	—	—
0,75 m	30,0	17,2	6,0	1,8	< 1	—
1,00 m	20,5	14,2	7,1	2,7	1,4	< 1

Die für den Schülerplatz geforderte Helligkeit von 10 Normalkerzen geben die gewöhnlichen Gasflammen mit Glocken oder Reflectoren nur bis zu einem Seitenabstand von etwa 0,75 m. Bei 1,00 m ist die Beleuchtung nicht mehr ausreichend. Diese Resultate geben nun die Grundlage für die Berechnung der Flammenzahl, die in einem Schulzimmer nothwendig ist.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Entwickelung der Gasbeleuchtung bedeutet die Erfindung der Regenerativbrenner, deren Princip die Erzeugung einer starken, von einem Punkte ausgehenden Lichtfülle ist. Die Wirkungsweise dieser Brenner beruht auf der Thatsache, dass bis zu einer bestimmten Grenze die Helligkeit der Flamme mit der Temperaturerhöhung zunimmt; letztere lässt sich nun dadurch herbeiführen, dass die von aussen der Flamme zuströmende Luft eine Vorwärmung mittelst der in den Verbrennungsproducten enthaltenen Wärme erfährt. Friedrich Siemens war der erste, der eine brauchbare Regenerativlampe construirte; doch war vor ihm das Princip schon von Muchall zur Herstellung der sog. Calorischen Gaslampe benutzt. Diese jetzt nur noch historisch interessante Lampe (Fig. 70 u. 71) besteht aus dem Brenner a, dem gewöhnlichen Cylinder b, dem äusseren, hier tulpenförmig gestalteten Cylinder c und dem Untertheil d, der luftdicht abgeschlossen ist und

durch den das Gaszuleitungsrohr führt. Die Richtung des Luftstromes ist durch Pfeile gekennzeichnet. Die zur Verbrennung erforderliche Luft tritt nicht, wie gewöhnlich, direct von unten zur Flamme, sondern von oben, durch den Zug des Cylinders veranlasst, in den äusseren Cylinder, wo dieselbe sich längs der inneren heissen Oberfläche zunächst vorwärmt. Alsdann erfährt dieselbe durch die directe Wärme-Strahlung der Flamme eine weitere Erhitzung und wird nun erst der Flamme zugeführt. Die in solcher



Calorische Gaslampe von Muchall.

Weise erhitzte Luft umströmt gleichzeitig eine in dem unteren Theile der Lampe angebrachte Heizkammer, innerhalb welcher das Gas die übertragene Wärme aufnimmt und so ebenfalls in heissem Zustande dem Brenner zuströmt. In Folge dieser intensiven Vorwärmung der Luft und des Gases wird der in der Flamme glühende und damit leuchtende feste Kohlenstoff viel früher als sonst ausgeschieden und findet Zeit, vollkommen zu verbrennen; in Folge dessen ist die Leuchtkraft der Lampe wesentlich höher als die der gewöhnlichen Lampe ohne Vorwärmung bei gleichem Consum. Die Lampe ist sehr bald von den verbesserten Regenerativlampen überflügelt worden.

Die Construction von Siemens' Regenerativlampen zeigen Fig. 72 und 73. Gas und atmosphärische Luft, welche zum Brenner gelangen, werden vorher erwärmt, und zwar wird diese Erwärmung, wie bei Muchall's System, durch die Verbrennungsgase bewirkt. Der Brenner besteht aus drei concentrisch in einander angebrachten Kammern. Die äussere ist für die von aussen zugeführte Luft bestimmt, die durch Schlitze von unten her in die Kammer eindringt und nun emporsteigt. Die zweite Kammer, in welche das Gasrohr

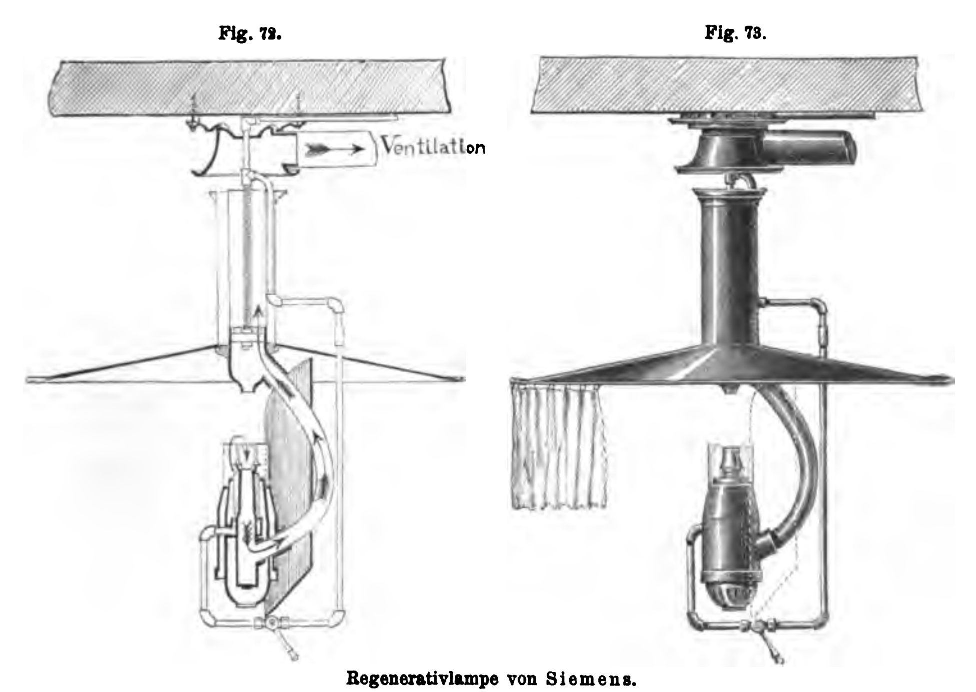


Fig. 72. Fig. 73.

Regenerativlampe von Siemens.

mündet, führt das Gas durch eine Reihe ringförmig neben einander angebrachter Röhrchen bis zur Brennermündung. Die innerste Kammer, der Regenerator, ist für den Abzug der Verbrennungsgase bestimmt und trägt an ihrem oberen Ende einen kurzen Porzellancylinder, während ein gleich hoher Hartglascylinder die Ausführungsöffnungen für Gas und Zuführungsluft umschliesst. An den Regenerator setzt sich ein seitlicher Arm, das Zugrohr, der in die über dem Brenner befindliche Esse führt. Diese hat auch an ihrem unteren Ende eine Oeffnung, um die von der Flamme direct aufsteigenden Verbrennungsgase aufzunehmen.

Die Luft, welche durch die in Fig. 73 unten sichtbaren Schlitze

einströmt, nimmt den mit Pfeilen bezeichneten Weg durch die äussere Regeneratorkammer, um zwischen dem Porzellancylinder und dem Hartglascylinder mit dem aus den kleinen Röhren strömenden Gase zu verbrennen. Die ringförmige Flamme brennt zunächst nach oben. In Folge des im Zugrohre und in der Esse vorhandenen Zuges schlagen das letzte Ende der Flamme und die heissen Verbrennungsgase in der Richtung des Pfeiles nach unten in den Brennerkörper hinein und erwärmen nicht nur den Regenerator, sondern auch die beiden äusseren Kammern. Diese Hitze dient zur Vorwärmung der zugeführten Luft und des Gases, so dass diese die zur Verbrennung nöthige Wärme nicht erst der Flamme selber entziehen brauchen. Die Folge ist ein ganz intensives Glühen der lichtgebenden Kohlentheilchen der Flamme und damit ein erhöhter Lichteffect des gleichen Quantums Gases gegenüber der gewöhnlichen Verbrennung. Ausserdem ermöglicht eine rationelle Führung der Gas- und Luftströmungen trotz einer 50fach gesteigerten Flammengrösse ein viel ruhigeres Brennen der Flamme als bei gewöhnlichen Brennern.

Die gebildeten Verbrennungsproducte entweichen zum Theil durch den Porzellancylinder und den Regenerator abwärts durch den Stutzen in das Essenrohr und in die Esse; zum Theil gehen sie direct aufwärts in die Esse. Indem die letztere direct durch einen Theil der Verbrennungsproducte erwärmt wird, verstärkt sich die Zugwirkung. Da das Essenrohr beliebig in das Freie oder in eine Hausesse oder in einen Ventilationsschacht geleitet werden kann, so entweichen alle Verbrennungsproducte der Flamme, und stets neue Luft wird aus den Räumen entnommen, während bei allen anderen Beleuchtungsapparaten die Verbrennungsproducte der Flamme in den Räumen verbleiben. Die bewirkte Ventilation ist zugleich die Ursache, dass sich kein Gas in den Localen sammeln kann und also auch jede Explosionsgefahr in Folge der Nichtschliessung der Gashähne ausgeschlossen ist. Die den Verbrennungsproducten innewohnende Hitze vermag die Zugwirkung in einem Ventilationsschacht zu erregen, so dass, wie leicht ersichtlich, ohne Kosten an Brennmaterial und ohne Mühe eine kräftige Ventilation bewirkt wird, gerade zu einer Zeit, wo selbige am nothwendigsten ist, d. h. mit dem Anzünden des Gases.

Der Vergleich der Regenerativbrenner mit Argand- und gewöhnlichen Schnittbrennern zeigt ihren Vorzug sowohl bezüglich der Lichtintensität als auch des Gasverbrauches.

Brenner	Consum l	Leuchtkraft in Normalkerzen	Consum pro Stunde auf 1 Kerze Leuchtkraft
Schnittbrenner	150	14—15	10—11
Argandbrenner	150	17—19	8—9
Siemens' Regenerativbrenner IV	200	36	5,6
Siemens' Regenerativbrenner III	400	75	5,3
Siemens' Regenerativbrenner II	600	140	4,3

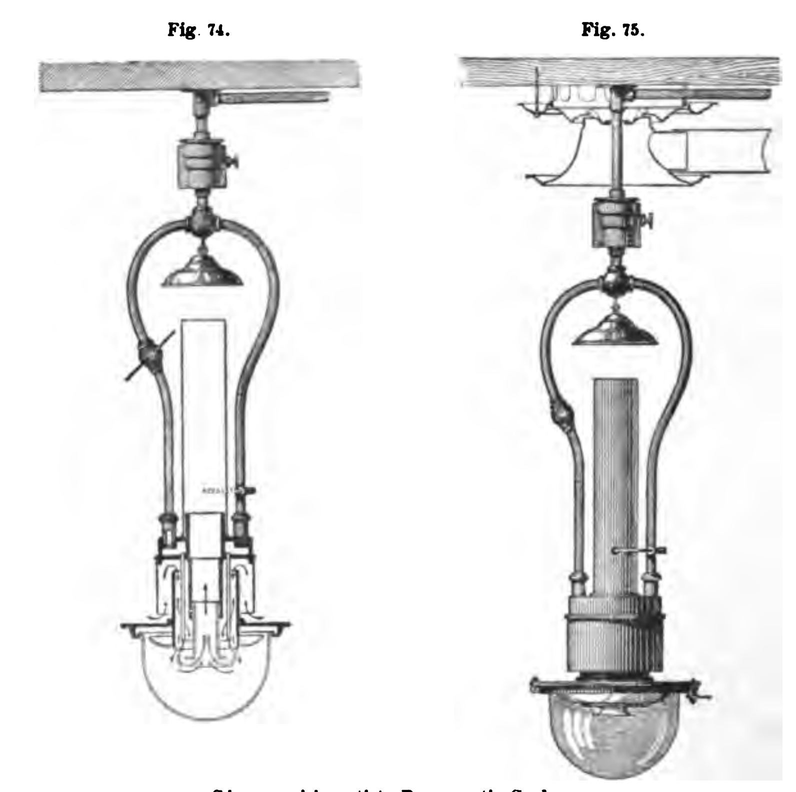
Der Hauptnachtheil dieser gewöhnlichen Regenerativlampen ist die Anordnung des Brennerkörpers unter der Flamme und das starke, zur Abführung der Verbrennungsgase seitlich der Flamme angeordnete Abzugsrohr, weshalb auch ein Theil des Raumes unter und neben der Flamme im Schatten bleibt, welchen Uebelstand auch die Anwendung eines Reflectors nicht zu compensiren vermag (Lux). Aus diesem Grunde ist auch der Gebrauch dieser gewöhnlichen Regenerativlampen mehr und mehr beschränkt, namentlich seitdem bessere Constructionen erfunden worden sind. Es sind dies die invertirten Regenerativbrenner, bei denen die Anordnung des Brenners umgekehrt ist, indem der Regenerator oberhalb des Brenners angebracht wird und die Flamme nach unten brennt.

Bei Siemens' invertirtem Regenerativbrenner (Fig. 74 und 75) strömt das Gas von oben nach unten durch eine Anzahl kreisförmig angeordneter Röhrchen und brennt von aussen um die Kante des Porzellancylinders in die Brennerröhre hinein. Die Bewegungsrichtung der zugeführten Luft und der Verbrennungsgase ist durch Pfeile bezeichnet. Die Verbrennungsproducte entweichen durch das central über dem Brenner befindliche Abzugsrohr und erwärmen dadurch gleichzeitig das Leuchtgas in der Gaskammer und die Luft in dem über der Flamme angeordneten Regenerator. Nach unten wird die Flamme durch eine halbkugelige Glasglocke abgeschlossen. Da die Verbrennungsproducte durch das Abzugsrohr zusammengehalten werden, so ist es ein Leichtes, dieselben durch Anordnung eines Sammelrohres entweder selbständig fortzuführen oder nach einem vorhandenen Schornstein zu leiten. Die Absaugung der Verbrennungsgase, sowie der sonst im Raume befindlichen schlechten Luft wird sich um so lebhafter vollziehen, je besser es gelingt, die Zugwirkung im vertikalen Saugrohr durch die Wärme der Verbrennungsproducte zu erregen.

Fig. 75 stellt die gebräuchlichste Abzugsform dar, bei welcher

das horizontal unter der Decke zu verlegende Rohr in den Schornstein mündet. Auch kann der Abzug durch die Decke direct nach einem Bodenraume oder mittelst eines innerhalb der Decke zu verlegenden horizontalen Rohres nach dem Schornsteine oder auch, wo die Anordnung der Räume dies gestattet, durch die Decke und direct über Dach erfolgen.

Fig. 74. Fig. 75.



Siemens' invertirte Regenerativ-Gaslampe.

Es kommen 4 Lampengrössen zur Anwendung unter der Bezeichnung:

J. Nr. 3 J. Nr. 4 J. Nr. 7 J. Nr. 11,

von denen die drei ersten für Schulzimmer, die zwei letzten für Aulen und Turnhallen Verwendung finden. Die Lichtausgabe dieser Lampen, unter einem Winkel von 45° unterhalb der Horizontalen, beträgt

72 132 236 364 Normalkerzen.

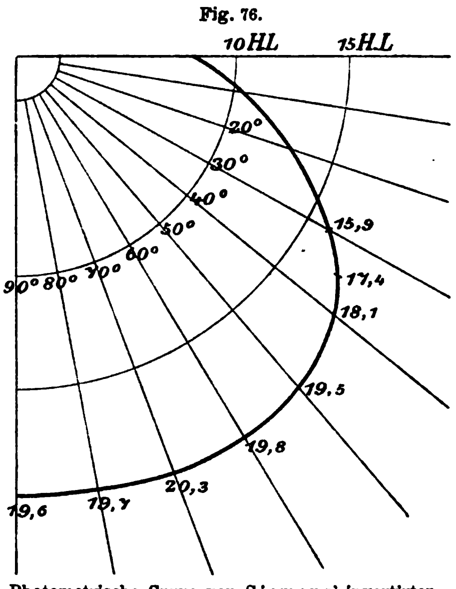
bei einem stündlichen Gasverbrauch von

320 465 760 1245 Liter.

Hieraus ergiebt sich eine Mehr-Lichtausbeute von 120—190 resp. 170—250 % gegen gute Argand- bezw. Schnittbrenner unter der Voraussetzung gleichen Gasverbrauches. Das Licht, welches 30° über der Horizontalen nach oben geht, wird durch den Brennerkörper verdeckt. Nach Lux beträgt die Helligkeit, unter verschiedenem Winkel gemessen und auf 100 l Consum reducirt, ohne Reflector:

unter 30°	15,9	Hefnerlicht
„ 35°	17,4	„
„ 40°	18,1	„
„ 50°	19,5	„
„ 60°	19,8	„
„ 70°	20,3	„
„ 80°	19,7	„
„ 90°	19,6	„

Fig. 76.



Photometrische Curve von Siemens' invertirter Regenerativ-Gaslampe.

Die in Fig. 76 dargestellte photometrische Curve zeigt, dass das meiste Licht nach unten geworfen wird. Typus VII hat nach Lux

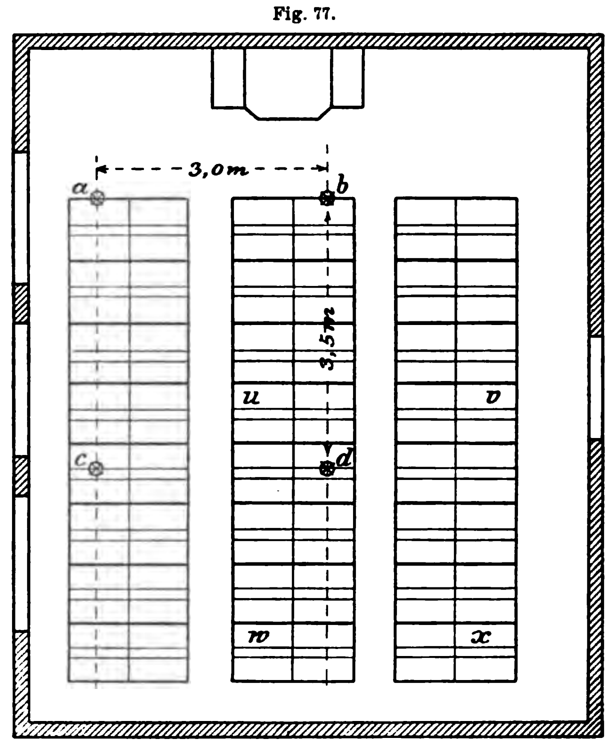
in horizontaler Richtung . . .	187	Normalkerzen
unter 45°	265	„
in vertikaler Richtung nach unten	277	„

Gegenüber den gewöhnlichen Regenerativlampen haben die invertirten Brenner so mannigfache Vorzüge, namentlich durch das Fehlen schattenspendender Theile unterhalb der Flamme und durch die breite Gestalt der letzteren, die das meiste Licht nach unten wirft, dass sie den älteren Typus verdrängt haben. Die Invertlampen zeichnen sich auch durch ihren geringen Gasconsum vor allen anderen bisher beschriebenen Brennern aus. Zur Erzeugung von 1 Normalkerze Leuchtkraft pro Stunde verbraucht die Invertlampe 3,4 l Gas, während z. B. ein Schnittbrenner 10—11 l verbraucht.

Starke Lichtquellen haben vor schwachen den Vortheil einer geringeren Lampenzahl und die Möglichkeit grosser Flammenhöhen, so dass das Auge nicht behelligt wird und die Lampen der nicht

zu unterschätzenden Gefahr der Beschädigung durch die Schüler entzogen werden. Wegen der geringeren Lampenzahl ist auch die Abführung der Verbrennungsproducte und die Benutzung der Wärme derselben zur Ventilation der Räume leicht erreichbar; ausserdem ergiebt sich schon aus dem geringeren Gasverbrauch und der grösseren Flammenhöhe eine geringere Belästigung durch die Flammenhitze. Das Abblenden grosser Flammen gegen das Auge hat sich fast immer

Fig. 77.



Beleuchtung eines Schulzimmers durch Siemens' invertirte Regenerativ-Gaslampen.

als überflüssig erwiesen wegen der geringeren Anzahl von Flammen und der Höhe derselben; die Flamme liegt ausserhalb der natürlichen Sehlinie, und das Auge entwöhnt sich, die Flamme besonders aufzusuchen.

Zur Orientirung über Auswahl der Invert-Regenerativlampen und Vertheilung derselben in Schulräumen sei die Beleuchtungsanlage für ein bestimmtes Schulzimmer näher beschrieben. In Fig. 77 ist der Grundriss einer sog. Langklasse von 9 m Länge und 7,5 m Breite dargestellt. Die Entfernung der vordersten Tischreihe von

der Tafelwand ist 2 m, die der hintersten Plätze von der Hinterwand 0,5 m. Durch den Gang an den Fenstern werden 0,5 m, an der Thürwand 1,0 m fortgenommen; ausserdem sind 2 Mittelgänge von 0,5 m Breite vorgesehen. Die erste Lampe a erhält ihren Aufhängepunkt über der vordersten Tischkante derart, dass sie sich gleichzeitig über der Achse der parallel der Fensterwand belegenen ersten Arbeitsplätze jeder Bank befindet. Die Lampe c befindet sich gleichfalls über dieser Achse, während die Lampen b und d seitlich von a und c angeordnet werden. Für gewöhnliche Beleuchtung werden 4 Brenner J. Nr. 3 genügen, deren Flammenhöhe 2,75 m über Fussboden angenommen werden kann, so dass sich die Flamme ca. 2 m über der Tischfläche befindet. Von vornherein darf man annehmen, dass die Tafelwand durch die Lampen a, b reichlich beleuchtet wird. Der Lehrertisch empfängt das unmittelbare Licht der Lampe b. Die Arbeitstische der Schüler werden durch das von links her strahlende Licht der 4 Lampen erleuchtet, deren Abstände 3,0 m bezw. 3,5 m betragen. Da nun die von den Lampen a, c entferntesten Plätze u, w bereits durch die Lampen b, d, sowie der von b am weitesten entfernte Platz v bereits durch die Lampe d brauchbares Licht empfangen, so wird als ungünstigst beleuchteter Punkt der Platz x gelten müssen, dessen Lampe d nur schwach von c unterstüzt wird. Trotzdem ergiebt sich für diesen Platz eine absolute Helligkeit von 3,4 Meterkerzen; allerdings entspricht dieselbe nicht dem Minimalmaass, das wir für das Lesen und Schreiben fordern müssen, wenn auch zuzugeben ist, dass alle übrigen Plätze ein wesentlich reicheres Licht erhalten. Stehen reichlichere Mittel zur Verfügung, so wird man an Stelle der Lampen J. Nr. 3 4 Lampen J. Nr. 4 bei gleicher Vertheilung setzen.

Nach diesen Angaben wird es leicht möglich sein, bei abweichenden Verhältnissen die geeignete Anordnung für zweckmässige Lichtvertheilung zu treffen. Je nach den Abmessungen der Räume wird man zum Zwecke der gewöhnlichen Beleuchtung die Abstände der Brenner parallel der Tafelwand annehmen können

bei J. Nr. 3	J. Nr. 4	J. Nr. 7
mit 3—4	3,5—4,5	5,5—7 m,

während die Abstände in rechtwinkliger Richtung zur Tafelwand

3—3,5	3,5—4,5	4,5—6,5 m

betragen können. Die geometrische Entfernung des ungünstigst beleuchteten Platzes x vom Brenner d sollte thunlichst

3,75	4,50	6,50 m

nicht überschreiten. Als Flammenhöhe können angenommen werden

2,50—2,75 2,50—3 3—4 m

über dem Fussboden.

Wenn es sich um Beleuchtungsanlagen für Zeichenklassen handelt, so muss man für grössere Helligkeiten Sorge tragen. Die Anordnung der Flammen hat nach denselben Grundsätzen zu erfolgen, wie vorstehend beschrieben; jedoch sollte die geometrische Entfernung des ungünstigst beleuchteten Platzes von seiner Lichtquelle nicht grösser sein als

2,25 3,25 4,25 m.

Hiernach würde man bei Gebrauch der im Grundriss dargestellten Klasse für Zeichenzwecke mit vier Brennern J. Nr. 4 bei etwas grösser anzunehmenden Brennabständen eine günstige Beleuchtungsanlage erhalten, deren Gasverbrauch sich vortheilhafter stellt als bei Anwendung von sechs Lampen J. Nr. 3. Grössere Anlagen lassen sich nach Maassgabe der mitgetheilten Zahlen so variiren, dass eine ausreichende Beleuchtung erzielt wird.

In Berlin hat man für den Zeichenunterricht der Fortbildungsschulen zuweilen die Turnhallen eingerichtet, deren Beleuchtung durch vier Brenner J. Nr. 7 in genügender Weise erfolgt. Bei einer Flammenhöhe von 4 m betragen die Brennabstände in der Längsrichtung 8, in der Schmalrichtung 6 m; die Zeichentische befinden sich innerhalb, die Ständer zur Aufnahme der Modelle und Vorlagen ausserhalb des Flammenrechtecks, so dass sowohl die Arbeitsplätze als auch die Modelle voll beleuchtet werden. Der freie Innenraum wird durch geeignetes Arrangement weiterer Einzelplätze in ähnlicher Weise ausgenutzt, wie dies bei centraler Anordnung einer grösseren Lampe J. Nr. 7 oder 11 und beliebiger Gruppirung der Arbeitsplätze (Staffeleien) erfolgreich durchgeführt ist.

Die Beleuchtung von Turnhallen mit Siemens' Invertbrennern erfolgt bei Abmessungen von 22 : 13 m durch zwei Lampen Nr. 7; die Flammenhöhe beträgt 4 m über Fussboden, der Flammenabstand ca. 11 m. Grössere Hallen erhalten zweckmässig zwei Lampen Nr. 11 bei gleicher Flammenhöhe und einem Abstande von etwa 15 m.

Aehnliche Constructionen wie Siemens' Invert-Regenerativ-Gasbrenner sind die sog. Wenham-Lampen und Butzke-Lampen, deren breite Flammen ihr Licht wesentlich nach unten werfen. Ihr wesentlicher Nachtheil ist eine mit der Zeit abnehmende Lichtintensität, was aber vielleicht durch überaus sorgsame Reinhaltung

vermindert werden könnte, und ihre Hitzeausstrahlung, welche auf die Dauer recht lästig wird und für Kinder sicherlich zu Nachtheilen führt. Wir verweisen bezüglich der Construction dieser jetzt ebenfalls schon aus dem Gebrauch vielfach verdrängten Lampen auf die technischen Handbücher.

Gasglühlicht. Eine nahezu völlige Umgestaltung in der Beleuchtungstechnik durch Gas ist indess durch die Einführung des Gasglühlichtes geschaffen worden.

Während bei den Flammen, die wir bisher besprochen haben, die aus den Bestandtheilen des Brennstoffes durch die Wärme ausgeschiedenen Kohlentheilchen zum Glühen kommen, wird beim Gasglühlicht die Glühhitze des verbrennenden Gases nur dazu benutzt, gewisse fremde, im Leuchtgas nicht enthaltene Körper bis zum Glühen zu erhitzen, und das von diesen glühenden Körpern ausgehende Licht dient dann als Lichtquelle. Die Durchführung dieses an sich nicht völlig neuen Gedankens unter Anwendung zweckmässig construirter Apparate verdankt die Technik dem Dr. Auer v. Welsbach im Jahre 1885. Derselbe inaugurirte damit einen völlig neuen Weg.

Bei dem Auer'schen Gasglühlicht ist die Hauptsache die Herstellung des Glühstrumpfes, zu welchem die Oxyde der seltenen Erden, wie Cer, Yttrium, Lanthan, Thorium, Zirkonium u. s. w., benutzt werden. Einzeln verwandt, geben diese Oxyde im Glühen ein Licht von im Ganzen nur geringer Intensität und auch von verschiedenem Farbentone, wie bezügliche Versuche [1]) erwiesen haben.

Dagegen sind Mischungen dieser Oxyde wesentlich günstiger sowohl hinsichtlich der Lichtausgabe, als auch der Farbe des Lichtes und der Widerstandsfähigkeit. Als erprobte Mischungen werden bezeichnet:

a) Magnesia, Lanthanoxyd, Yttriumoxyd im Verhältniss von 3 : 1 : 1.

b) Zirkonoxyd, Lanthanoxyd, Yttriumoxyd wie 6 : 3 : 1.

Auer verwendet auch noch Uranoxyd und Thoroxyd, um die Lichtausgabe der Glühkörper zu erhöhen. Durch die Mischung in geeigneten Verhältnissen lässt sich auch die Farbe des Glühlichtes abtönen, so dass ein reinweisses Licht erzeugt wird. Diese Oxyde der seltenen Erden werden in Form von Salzen in Lösung gebracht

---

[1])

Lanthanoxyd	ein	weisses	Licht	von	28,32	Hefnerlicht	bei 85 l Gasverbrauch pro Stunde.
Yttriumoxyd	„	gelblichweisses	„	„	22,96	„	
Zirkonoxyd	„	weisses	„	„	5,36	„	
Ceroxyd	„	röthliches	„	„	5,02	„	
Thoriumoxyd	„	bläulichweisses	„	„	3.56	„	

und mit denselben die Glühkörper oder Strümpfe getränkt. Letztere bestehen aus einem Gewebe (Baumwolle oder andere geeignete Faserstoffe) und sind von conischer Form. Nach der Tränkung dieser Strümpfe mit jener Lösung und nach dem Trocknen werden sie unter Verwendung der Stichflammen eines Gasgebläses geglüht. Das organische Gewebe verbrennt, und es bleibt die mit den fein zertheilten Edelerden vermischte Asche als poröser Glühkörper zurück, der zwar starr, aber überaus zerbrechlich ist. Derselbe wird nun in den Flammenkegel eines besonders construirten Bunsenbrenners gehängt und geräth in Weissgluth. Ueber die verschiedenen Maassnahmen, wie man den Glühstrumpf dauerhafter herzustellen versucht, wie derselbe am zweckmässigsten in der Flamme angebracht wird und wie der Brenner zu gestalten ist, müssen wir auf die Specialarbeiten über das Gasglühlicht verweisen. Dem Cylinder, der den Glühkörper umgiebt, liegt nach Gentsch nicht die Aufgabe ob, die Flamme bilden zu helfen, da diese vom Glühkörper umschlossen ist; auch hat er weniger die Rolle eines Zugglases. Seine Bestimmung ist vielmehr, eine Luftschicht abzugrenzen, innerhalb deren die Bunsenflamme ohne seitliche Beeinflussungen sich nach oben zu entwickeln vermag; auch soll er den Glühkörper vor Stoss, Verunreinigung u. s. w. bewahren.

In Bezug auf Gasverbrauch und Leuchtkraft des Auerschen Gasglühlichtes ermittelte die physikalisch-technische Reichsanstalt bei 34 mm Wasserdruck und einem Consum von 112 l Gas pro Stunde eine mittlere Helligkeit von 66 Hefnerlicht in wagerechter Richtung, Oechelhäuser bei 40 mm Druck und 110 l Consum 74 Hefnerlicht. Den Fortschritt in der Verbesserung der Auerbrenner zeigen die Untersuchungen Fähndrich's[1]), welche ergeben:

Brenner	Gasverbrauch pro Stunde l	Leuchtkraft in Kerzen	1 Normalkerze fordert Gas l
Alter Auer-Brenner . .	70	13	5,4
	100	20	5,0
Neuer „ „ . .	95	50	2,0
	120	80	1,5

Ausführliche Versuche über Gasconsum und Leuchtkraft bei Gasglühlicht im Vergleich mit Schnitt- und Argandbrennern hat Renk ausgeführt. Während die Auerbrenner pro Stunde 150 l

[1]) Schilling's Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. 1892. p. 527.

Gas beanspruchten, verbrauchten von den Schnitt- und Argandbrennern jeder im Durchschnitt 285 l, also 90% mehr; für das Gasglühlicht ergab sich eine Ersparniss von rund 50%. Bei dem angegebenen Gasverbrauch wurden als Helligkeiten gefunden im Durchschnitt:

für Schnittbrenner . . . . . . 14,27 Normalkerzen
„ Argandbrenner . . . . . . 29,61 „
„ Gasglühlicht. . . . . . . 55,93 „

Letzteres erzielt somit bei einer Ersparniss von 50% Gas eine fast viermal grössere Helligkeit als Schnittbrenner und eine fast doppelt so grosse als Argandbrenner, mit anderen Worten, das Gasglühlicht nutzt das Leuchtgas achtmal besser aus als der Schnittbrenner und viermal besser als der Argandbrenner; es bedeutet daher einen sehr bedeutenden Fortschritt auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik (Renk). In der Regel tritt bei längerem Gebrauch eine geringe Abnahme der Leuchtkraft ein, verursacht theils durch die deformirende Einwirkung der Flamme auf den Glühstrumpf, theils durch das Ansetzen und Anschmelzen von Staubtheilchen an den Mantel.

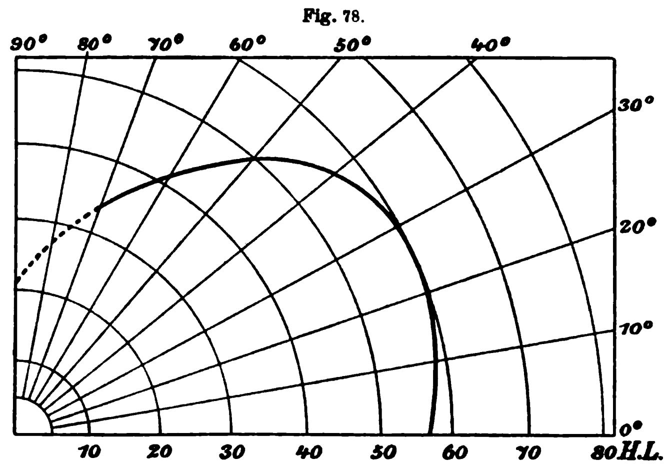
Von grösster Bedeutung für die Schulbeleuchtung ist der Umstand, dass die Flammen wegen ihrer Gestalt und wegen der Brennerconstructionen nach den verschiedensten Richtungen verschiedene Helligkeiten verbreiten. Auch bei dem Gasglühlicht ist dies der Fall. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse von Untersuchungen, die Wedding[1]) in dieser Beziehung angestellt hat:

Lichtausstrahlung nach unten von der Horizontalen (Consum 108 l pro Stunde)		Lichtausstrahlung nach oben von der Horizontalen (Consum 107 l pro Stunde)	
Abweichung von der Horizontalen in Graden	Intensität in Kerzen	Abweichung von der Horizontalen in Graden	Intensität in Kerzen
7,9	51,1	8,1	68,7
13,7	54,8	12,3	71,6
19,5	54,6	16,4	71,0
28,4	44,6	20,4	60,2
36,5	39,2	25,5	53,3
43,7	35,7	29,2	62,9
56,4	22,3	34,3	56,0
59,3	18,5	40,8	53,4
65,3	8,4	49,7	45,5
68,9	8,5	61,5	35,5
		66,2	32,7
		67,4	42,4

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1893, p. 310.

Wedding giebt auch die in Fig. 78 und 79 dargestellten photometrischen Curven für das Gasglühlicht. Da die Messungen über und unterhalb der Horizontalen an verschiedenen Tagen vorgenommen wurden, so passen die Enden der Curvenpaare nicht genau auf ein-

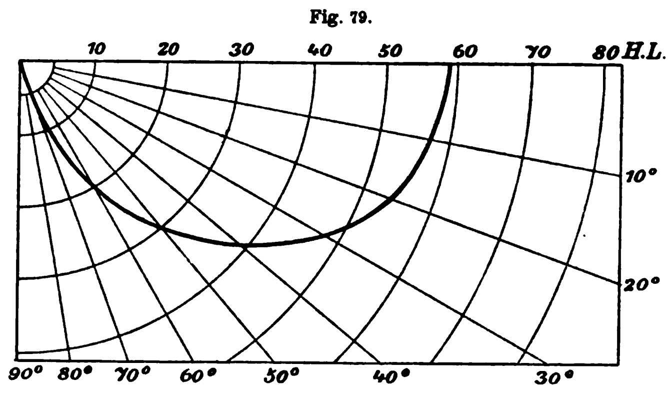
Fig. 78.



Photometrische Curve für das Gasglühlicht (Ausstrahlung nach oben).

ander. Die photometrische Curve zeigt uns, dass der Auerbrenner das meiste Licht in horizontaler Richtung und nach oben aussendet, das wenigste aber nach Plätzen unterhalb der Flamme gelangen lässt.

Fig. 79.



Photometrische Curve für das Gasglühlicht (Ausstrahlung nach unten).

Renk vergleicht in seinem „Gutachten“ diese verschiedene Lichtausstrahlung bei einem Argandbrenner und einem Auerbrenner, die beide unter gleichen Verhältnissen brannten. War die Lampe 90 cm über der Tischfläche angebracht, so betrug die Helligkeit

	bei Argand	bei Auer
unter der Lampe	33,71	45,38
0,50 m seitlich	24,73	36,26
1,00 m „	11,46	17,71
1,50 m „	5,36	9,96
2,00 m „	2,50	6,00

Für die einzelnen Beobachtungspunkte berechnet sich bei der Beleuchtung mit Gasglühlicht ein Zuwachs an Helligkeit von

unter der Lampe	34,6 %
0,50 m seitlich	46,6 %
1,00 m „	54,5 %
1,50 m „	85,9 %
2,00 m „	140,0 %

Das doppelt so helle Gasglühlicht vermag zwar nicht die unmittelbar unter der Flamme belegenen Plätze doppelt so gut zu beleuchten, gewährt aber für entferntere Plätze um mehr als das Doppelte der Helligkeit, welche ein Argandbrenner erzeugt. Im Allgemeinen vertheilt also das Gasglühlicht das Licht gleichmässiger, gewährt eine bessere Beleuchtung, insbesondere auch für entferntere Plätze, und ist deshalb zur Schulbeleuchtung wohlgeeignet. Milchglasschirme vermögen nach Renk zwar für die unmittelbar unter der Lampe befindlichen Plätze ein besseres Licht zu geben, beeinträchtigen aber die Beleuchtung für entferntere Plätze. Augenschützer aus Milchglas vermindern die Helligkeit für die verschiedenen Seitenabstände im Durchschnitt um 26,9 %, solche aus mattem Glase nur um 17,2 %.

Die Wärmeentwickelung ist bei dem Gasglühlicht geringer als bei der übrigen Gasbeleuchtung, theils wegen des geringeren Gasconsums, theils wegen der besseren Umsetzung der Wärme in Licht. Die Erhöhung der Lufttemperatur ist bei dem Glühlicht um mehr als 50 % geringer als bei den anderen Gasbrennern. Aus diesen Gründen ist das Gasglühlicht in gesundheitlicher Beziehung besser als alle bisher besprochenen Beleuchtungsarten.

Nur in Bezug darauf, ob die Verbrennung eine vollständige oder eine unvollständige sei, sind die Meinungen noch getheilt. Nach Geelmuyden's Versuchen lieferten Schnitt- und Argandbrenner keine flüchtigen, unverbrannten kohlenstoffhaltigen Substanzen, wie Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe, während Auerbrenner häufig kleine Mengen dieser Producte erzeugten; aber selbst

in den ungünstigsten Versuchen blieben nie mehr als 2% des im Leuchtgas enthaltenen Kohlenstoffes unverbrannt. Nähmen wir selbst an, dass diese 2% in Form des giftigsten der hier in Betracht kommenden Gase, nämlich des Kohlenoxyds, ausgetreten wären, so würde die Zimmerluft doch nie einen Gehalt von mehr als 0,02% Kohlenoxyd zeigen, also eine Verdünnung, in der dies Gas noch nicht schädlich wirken kann. Renk vermochte übrigens keine Spur dieses Gases nachzuweisen, obwohl die von ihm angewandte Fodor'sche Methode die Verdünnung des Kohlenoxyds von 1 : 20000 noch festzustellen im Stande ist. — Was die Kohlensäureproduction anbetrifft, so ist sie bei Auerbrennern geringer als bei Argandbrennern. Unter gleichen Bedingungen von Renk angestellte Versuche zeigten eine Zunahme des Kohlensäuregehaltes der Luft bei dem Argandbrenner

von 0,992‰ auf 4,386‰, somit um 3,394‰,

bei dem Gasglühlicht

von 0,946‰ auf 2,373‰, somit nur um 1,427‰.

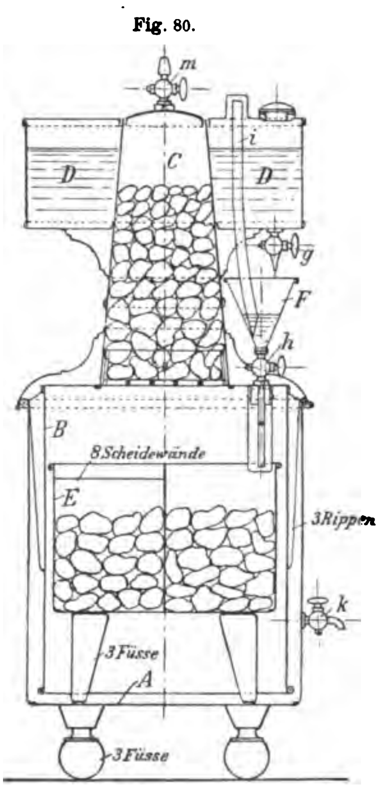
In seinem Erlass an sämmtliche Universitätscuratoren etc. vom 27. März 1893 fasst das preussische Cultusministerium deshalb die Vorzüge des Auer'schen Gasglühlichtes folgendermassen zusammen. „Es hat bei 120 l stündigem Gasverbrauch 60 Normalkerzen Lichtstärke; ein gewöhnlicher Gas-Argandbrenner dagegen nur 20 Normalkerzen, dabei aber einen Gasbedarf von 200 l. Es ist also bei Gasglühlicht dem Argandbrenner gegenüber die fünffache Ausnutzung des Gases und bei erheblich geringerem Gasverbrauch die dreifache Lichtstärke gewonnen. Ausser der sich hiernach ergebenden Kostenersparniss bezw. der bedeutend höheren Leuchtkraft sind noch weitere Vortheile des Gasglühlichtes erwiesen. Da der netzförmige Glühkörper das brennende Gas von allen Seiten ummantelt, so ist ein Entweichen unvollständig verbrannten Gases vermieden; es entsteht kein Blaken und keine Russablagerung; die bei gewöhnlichen Brennern sehr bald eintretende Beschmutzung der Decken und Tapeten fällt fort, die Zimmerluft bleibt rein und der Gesundheit zuträglich. Sehr bemerkenswerth ist das gleichmässige ruhige Leuchten und besonders die geringe, eine Ueberhitzung ausschliessende Wärmeentwickelung des Gasglühlichtes, sowie der Umstand, dass dasselbe durch seine weisse Färbung alle übrigen Farben deutlich unterscheiden lässt."

Acetylen. In neuester Zeit hat man das Acetylen, einen ständig im Leuchtgas enthaltenen Kohlenwasserstoff von der chemischen Zusammensetzung C_2H_2, zu Beleuchtungszwecken verwendet. Befindet

sich die Acetylenbeleuchtung auch noch im Versuchsstadium, so erscheint sie doch bedeutsam genug, um in Kürze besprochen zu werden.

Das Gas entsteht durch Zersetzung von Calciumcarbid — einer Verbindung von Kohlenstoff und Calcium, die erhalten wird durch Zusammenschmelzen von zwei Theilen Kohle und einem Theil Kalk — mit Wasser. Es theilt bei einer 15 mal grösseren Leuchtkraft die giftigen Eigenschaften des Leuchtgases nicht. Wegen seiner grossen specifischen Schwere bedingt es jedoch die Anwendung besonders construirter Brenner. Die Construction und Handhabung der Apparate zur Acetylenbeleuchtung (Fig. 80) ist folgende: A ist ein Behälter, welcher so weit mit Wasser gefüllt wird, dass der Wasserspiegel den Boden des Einsatzes E, der ca. ²/₃ mit Carbidstücken gefüllt ist, berührt. Der obere Theil C der Glocke B wird ebenfalls zu ²/₃ mit Carbid gefüllt; nachdem ein Rost als Verschluss gegen das Herausfallen befestigt ist, wird die Glocke B über E in den Behälter A gesetzt. Es wird ferner der Behälter D mit Wasser gefüllt, Hahn g und Füllschraube geschlossen und so über E gesetzt, dass sich der Hahn oberhalb des Einlauftrichters F befindet. Sobald man nun den Wasserhahn g öffnet, tropft Wasser, wenn sich der Wasserverschluss gefüllt hat, durch F auf das Carbid in E; dadurch entwickelt sich Acetylen, welches zum Brenner gelangt, sobald man den Hahn m öffnet. Der Hahn g ist nur so weit zu öffnen, wie für die Entwickelung des Acetylens, grossen oder weniger grossen Brennern entsprechend, erforderlich ist, was man in der Praxis leicht feststellen kann. Für eine einfache Flamme genügen ca. 80 Tropfen per Minute, für grössere entsprechend mehr.

Fig. 80.



Apparat zur Erzeugung von Acetylengas.

Es regulirt sich der Wasserzufluss aber auch ohne Einstellung des Hahnes, weil der vermehrte Druck unter der Glocke B den

Flüssigkeitsstand in F erhöht, wodurch das unterste Ende des Lufteinlassrohres i geschlossen und dadurch der Wasserzutropf so lange angehalten wird, bis durch Druckverminderung in B der Wasserstand in F sinkt und der Luftzutritt durch i in D wieder frei wird. Der Acetylenentwickler arbeitet also ganz selbstthätig, indem sich die Entwickelung ganz nach dem Acetylenverbrauch richtet. Bei stärkerem Verbrauch wiederholen sich die Wasserzuflussintervalle schneller, bei schwächerem Verbrauch langsamer, und es hört die Entwickelung ganz auf, wenn kein Acetylen verbraucht wird. Da nun aber stets eine gewisse Nachentwickelung durch den angefeuchteten Kalkrückstand bleibt, so thut man gut, dieses nachentwickelte Acetylen durch den Dreiweghahn m in einen kleinen Gasometer oder in ein Luftkissen zu leiten, weil dasselbe sonst unverbrannt entweichen würde. Durch Schlauch- oder Rohrverbindung kann man das Gas wie Leuchtgas in ein Rohrnetz einführen und mehrere Lampen speisen.

Ist im Gasglühlicht und im Acetylenlicht auch für die künstliche Beleuchtung in Schulen ein sehr wesentlicher Fortschritt zu verzeichnen, so tritt nunmehr noch das elektrische Licht in seiner stets fortschreitenden Vervollkommnung in energischen Wettbewerb mit demselben ein.

Elektrisches Licht. Das elektrische Licht wird dadurch erzeugt, dass in einen elektrischen Strom von genügender Stromstärke ein Widerstand in Gestalt von Kohlenfäden, Kohlenstiften, Metalldrähten u. s. w. eingeschaltet wird. Indem der Strom durch diese ihm Hemmung bereitenden Körper hindurchgeht, wird ein grosser Theil der elektrischen Bewegung in Wärme umgesetzt, welche hinreicht, die Körper in Glühzustand zu versetzen. — Zur Erzeugung des Stromes dienen Dynamomaschinen, das sind Maschinen, die, durch Dampfkraft getrieben, Arbeit durch Magnetinduction in elektrische Ströme verwandeln. Man nennt sie in der Elektrotechnik kurzweg Lichtmaschinen. Um ihre Construction und Vervollkommnung, und damit um die Einführung der elektrischen Beleuchtung überhaupt, hat sich besonders Siemens ausserordentliche Verdienste erworben. Man bezeichnet die Maschinen je nach der Stromrichtung als Gleichstrom- und Wechselstrommaschinen; beide Arten sind zur Lichterzeugung verwendbar. Nach der Art der lichtgebenden Körper unterscheidet man zwei Arten des elektrischen Lichtes, das Glühlicht und das Bogenlicht.

Bei dem Glühlicht ist der Glühkörper ein dünner Faden von

schleifen- oder bügelförmiger Gestalt und besteht aus Platin, aus verkohlter Pflanzenfaser von Bambus, Baumwolle, aus verkohlter Cellulose u. s. w.; er wird in einer luftleer gemachten Glaskugel von der Grösse und Form einer Birne eingeschlossen. Die verschiedenen Systeme der Glühlampen unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch Erzeugung, Gestalt und Material der Glühkörper und durch die Verbindung der letzteren mit den Leitungsdrähten. Die Glühlampen gewähren eine Helligkeit von 10 bis 100 Normalkerzen, entsprechen also nur einem bescheidenen Lichtbedürfniss. Unter normalen Bedingungen kann man für eine Glühlampe auf eine Dauer von 1500 Brennstunden rechnen.

Für die Bogenlampen werden als Glühkörper zwei walzenförmige, zugespitzte Körper aus besonders präparirter Kohle verwendet, die mit ihren Spitzen gewöhnlich auf 3—6 cm genähert werden. Indem der elektrische Strom durch diese Kohlenelektroden geht, bringt er dieselben zum Glühen und Leuchten. Einzelne Kohlentheilchen verbrennen durch den Sauerstoff der Luft, während andere in Weissgluth befindliche Theilchen vom Strome abgerissen und mitgeführt werden, so dass durch die glühenden Kohlentheilchen ein Lichtbogen von bedeutender Lichtausgabe entsteht. Da der elektrische Strom von der positiven Kohlenspitze die Kohlentheilchen abreisst und an die negative Spitze führt, entsteht an ersterer eine kraterförmige Aushöhlung, während an der negativen Spitze die hinübergeführten Kohlentheilchen sich ablagern. Durch den Verlust der Kohlenspitzen würde der Zwischenraum zwischen denselben sehr bald so gross werden, dass der Strom unterbrochen würde; dies zu vermeiden, sind geeignete Regulirungsvorrichtungen geschaffen, mittelst welchen die Kohlen entsprechend ihrem Verbrauch einander wieder genähert werden. Das meiste Licht wird von der Spitze der positiven Kohle ausgesendet, und da diese bei dem grössten Theile der Bogenlampen, insbesondere den Gleichstromlampen, als obere angeordnet wird, so strahlt das meiste Licht nach unten von der Horizontalen aus.

Photometrische Messungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt bei Bogenlampen von 15 Ampère [1]) Stromstärke und zwar

[1]) Unter Ampère versteht man in der Technik die Einheit der Stromstärke, die einen Strom von 1 Volt Spannung in einem Widerstand von 1 Ohm erzeugt. 1 Volt ist die Einheit der elektromotorischen Kraft, 1 Ohm die Einheit des Widerstandes, d. i. der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und 1,06 m Länge bei 0° C. Diese drei Begriffe sind die durch den internationalen Elektriker-Congress in Paris 1881 festgesetzten elektrischen

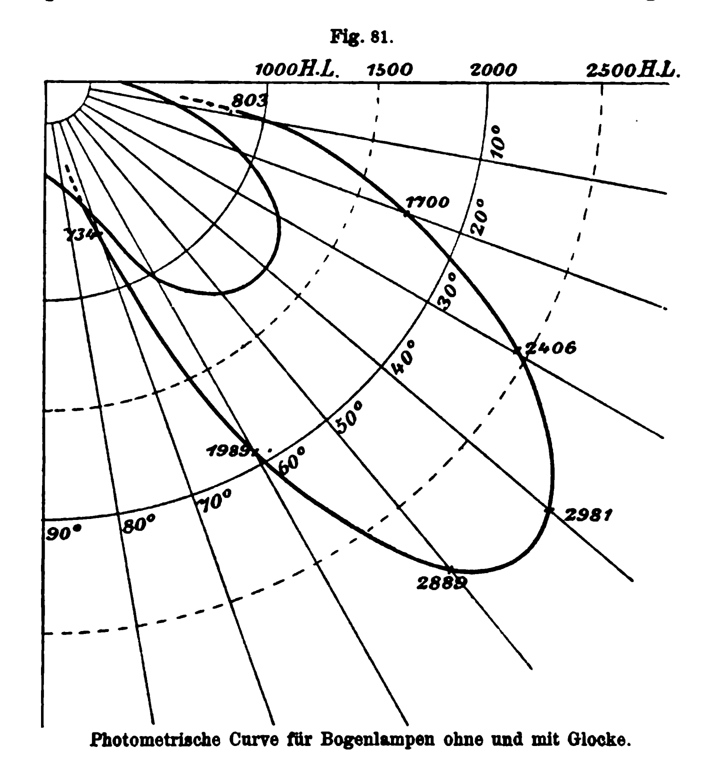


ohne und mit Glocke haben folgende Durchschnittshelligkeiten (Lux) ergeben:

Lampe ohne Glocke		Lampe mit Glocke	
Abweichung nach unten von der Horizontalen	Lichtstärke in Hefnerlicht	Abweichung nach unten von der Horizontalen	Lichtstärke in Hefnerlicht
10°	809	10°	603
20°	1700	20°	933
30°	2406	30°	1241
40°	2981	40°	1340
50°	2889	50°	1274
60°	1989	60°	1076
70°	734	70°	678
		80°	495
		90°	434

Diese Messungen zeigen, dass das meiste Licht zwischen 20 und 60° ausgestrahlt wird, wie dies durch die Curve in Fig. 81 ver-

Fig. 81.



Photometrische Curve für Bogenlampen ohne und mit Glocke.

Maasseinheiten, die es ermöglichen, in Zahlen auszudrücken, wie gross die elektromotorische Kraft, oder wie gross der Widerstand oder die Stärke eines Stromes ist.

anschaulicht wird. Auch bei dem elektrischen Licht absorbirt die Glocke also eine beträchtliche Lichtmenge, wie dies die Tabelle und die Curven beweisen.

Das elektrische Glühlicht, das einen angenehmen Farbenton besitzt, liefert nur ein schwaches Licht, weshalb bei seiner Verwendung zur Schulbeleuchtung eine grössere Anzahl von Lampen nöthig ist. Das Bogenlicht liefert zwar eine grosse absolute Helligkeit und gewährt eine relativ gleichmässige Beleuchtung der unter der Lampe liegenden Theile; es ist aber hierzu nothwendig, dass die Lichtquelle sich möglichst hoch befindet, wodurch wieder ein entsprechender Verlust für die Beleuchtung der Tischflächen entsteht. Die Nachtheile des elektrischen Bogenlichtes, die in seiner grossen, das Auge gefährdenden Intensität liegen, hat man durch Vorkehrungen zu beseitigen gesucht, auf die wir bei der indirecten Beleuchtung eingehen werden.

Beide Arten des elektrischen Lichtes gewähren eine gewisse Sicherheit gegen Feuersgefahr; da ferner bei ihnen keine eigentliche Verbrennung stattfindet, so ergiebt sich auch keine Kohlensäureentwickelung und keine Verunreinigung der Zimmerluft. Die Wärmeproduction ist ebenfalls nur relativ gering; nach den Messungen Renk's erzeugt eine elektrische Glühlampe 290—536, eine Bogenlampe 56—138 Wärmeeinheiten pro 100 Normalkerzen.

Indirecte Beleuchtung.

Künstliches Licht hat den Nachtheil, dass es das Zimmer ungleichmässig beleuchtet, indem helle Stellen, insbesondere die intensiv leuchtenden Flammen, mit dunkleren Partien, die sich namentlich oberhalb der Flammen befinden, abwechseln, und dass, da man hauptsächlich auf das Licht rechnet, das unmittelbar von den vorhandenen Lichtquellen den Schultischen zugesendet wird, die für das genaue Sehen beim Schreiben so nachtheiligen Schatten entstehen, die von dem Körper, dem Kopfe oder der Hand des Schülers auf das Papier geworfen werden, weil einzelne Flammen sich immer hinter dem Schüler oder zur Rechten desselben befinden. Die durch die gewöhnliche künstliche Beleuchtung erzeugte Erhellung der Zimmer kann daher niemals der Tagesbeleuchtung gleichen, weil bei dieser — unter der Voraussetzung, dass keine directen Sonnenstrahlen in den Raum einfallen — alle Theile des letzteren durch zerstreutes Licht gleichmässig erhellt werden. Die Nachtheile des

künstlichen Lichtes zu beseitigen, ist nur dadurch möglich, dass das directe Licht durch indirectes, zerstreutes, der diffusen Tagesbeleuchtung ähnliches Licht ersetzt wird (Erismann). Eine derartige Beleuchtung kann in der Weise erzielt werden, dass man die Lichtquellen dem Auge entzieht durch Reflectoren, welche unterhalb der Flamme angebracht sind und alles Licht nach der Decke und den oberen Theilen der Wände werfen, so dass diese grossen beleuchteten Flächen dann als Lichtquelle dienen. Durch eine derartige Beleuchtung ist dann das ganze Zimmer gleichmässig und diffus erhellt; Schatten entstehen nicht, wie man sich auch setzen mag; die Flammen sind so verdeckt, dass sie weder vom Lehrer noch von den Schülern gesehen werden können; die Ausstrahlung der Wärme nach unten ist wesentlich vermindert.

In einem Musterschulzimmer auf der Moskauer Jubiläums-Ausstellung 1888 führte Erismann diese indirecte Beleuchtung für Schulen zum ersten Male vor. Im Abstande von 1 m von der Decke waren in gleichmässiger Vertheilung neun Petroleumlampen mit besonderem Brenner aufgehängt; direct unterhalb der Lampen befanden sich undurchsichtige, nach oben reflectirende Schirme mit grossem Oeffnungswinkel. Die Lampen waren deshalb in so geringem Abstande von der Decke befestigt, weil sonst allzuviel Licht verloren gehen würde. Die erzielte Beleuchtung war sehr angenehm, äusserst wohlthuend für das Auge, gleichmässig und mild. Durch photometrische Messungen zeigte Erismann die Gleichmässigkeit der Beleuchtung aufs Klarste. In einem Versuchszimmer war bei einer Lichtstärke der gebrauchten sechs Lampen von zusammen 76 Normalkerzen die Beleuchtungsintensität an den verschiedenen Wänden in 1,5 m Höhe allenthalben 6,1 Meterkerzen, während sie bei directer Beleuchtung unter annähernd gleichen Bedingungen sich in den Grenzen von 3,8—9,7 Meterkerzen bewegte. Es war also die Beleuchtung der unteren Partien der Zimmerwände bei diffusem Lichte vollkommen gleichmässig, während die Helligkeit bei directem Lichte in sehr weiten Grenzen schwankte. Ferner war bei directer Beleuchtung die Beleuchtungsintensität des Heftes ohne Schatten 8,2 Meterkerzen; dagegen betrug sie

im Halbschatten der schreibenden Hand	2,6	Meterkerzen
„ vollen Schatten „ „ „	1,5	„
„ Schatten des Kopfes	4,6	„

Indirecte Beleuchtung schliesst diese Verminderung der Helligkeit durch den Schatten fast völlig aus.

Alle Plätze derselben Bank haben bei indirectem Lichte die gleiche Beleuchtungsintensität, während die Platzhelligkeit bei directem Licht sehr grosse Differenzen auf den einzelnen Plätzen aufweist. So fand Renk unter einer Gasflamme, die mit einem metallenen, innen blankpolirten Schirme versehen war, auf den neben einander befindlichen Plätzen eines Subselliums im Auditorium XIV der Universität Halle folgende Helligkeiten:

8,4 12,7 45,8 74,9 16,9 11,0 Meterkerzen.

Es ergiebt sich also, dass bei indirecter Beleuchtung eine annähernd gleichmässige Vertheilung des Lichtes auf den einzelnen Plätzen zu erreichen ist; der beim Schreiben durch den Schatten des sich vorbeugenden Körpers entstehende Lichtverlust ist verhältnissmässig gering, nicht scharf begrenzt und nicht störend, wie er auch in Bezug auf die einzelnen Plätze viel geringere Differenzen aufweist als bei der directen Beleuchtung (Erismann[1]); ferner verhütet indirectes Licht Blendungserscheinungen und die lästige Wärmestrahlung.

Für die indirecte Beleuchtung, bei welcher das Licht von der Decke und den Wänden zurückgeworfen wird, ist nun begreiflicherweise die Bekleidung dieser Flächen von grösster Wichtigkeit; denn je heller dieselben sind, je mehr sie sich in der Farbe dem Weiss nähern, um so mehr Licht werden sie reflectiren. Von hellweiss angestrichenen Wänden werden beispielsweise 80%, von gelben Tapeten 40%, von blauen Tapeten 25%, von schwarzem Tuche nur 1,2% und von schwarzem Sammet gar nur 0,4% des auffallenden Lichtes zurückgestrahlt. Dies ergiebt sich auch aus folgender Erfahrung: Setzt man voraus, dass zur Erleuchtung eines Raumes, dessen Wände mit schwarzem Tuche bekleidet sind, eine Lampe von 100 Normalkerzen verwendet ist, so würde zur Hervorbringung derselben Helligkeit im gleichen Raume nöthig sein: bei dunkelbrauner Tapete 87 Kerzen, bei blauer Tapete 72 Kerzen, bei hellgelber Tapete 60 Kerzen, bei Holzbekleidung, naturfarben oder weiss gestrichen, 50 Kerzen, bei dunklem Paneel 80 Kerzen — bei glatten geweissten Wänden dagegen nur 15 Kerzen.

Da für die indirecte Beleuchtung nur dasjenige Licht am zweckmässigsten ist, welches von den Flammen nach oben ausgestrahlt wird, so ist das Gasglühlicht und das elektrische Bogenlicht (s. die betreffenden photometrischen Curven) für diesen Zweck am geeignet-

[1]) Budapester Congress. Bd. III, p. 381.



sten; bei letzterem würde es sich überdies empfehlen, dass die am meisten Licht gebende positive Kohle sich unten befindet. — Beide Lichtarten eignen sich aber auch um deswillen so recht für die indirecte Beleuchtung, weil sie keine Verbrennungsproducte erzeugen und deshalb Wände und Decken in ihrer reinen Farbe erhalten bleiben. Starke Regenerativgasflammen wären vielleicht ebenfalls verwendbar, wenn sie derart eingerichtet würden, dass sie nicht nach unten, sondern nach oben brennen. Von diesen Gesichtspunkten aus sind Versuche behufs Verwendung des Gasglühlichtes und des elektrischen Lichtes zur indirecten Beleuchtung gemacht und ist die indirecte Beleuchtung unter Verwendung geeigneter Vorrichtungen thatsächlich in die Praxis eingeführt worden.

Kermauner und Prausnitz verwandten für ihre Untersuchungen Auer-Gasglühlicht, das sie durch kegelförmige, mit der weiten Oeffnung nach oben angebrachte Milchglasschirme vertheilten. Um eine für Schulzimmer ausreichende Beleuchtung von mindestens 8—10 Meterkerzen für jeden Platz zu erzielen, war in ungefähr 4 m hohen Räumen auf ca. 12 qm Grundfläche je ein Auerbrenner erforderlich. — Es zeigt sich also, dass die indirecte Beleuchtung mittelst Auerlicht wohl durchführbar ist. — Freilich geht bei der Zurückwerfung des Lichtes vermittelst der Reflectoren und bei der Diffundirung des Lichtes ein Theil desselben verloren, weshalb man von Hause aus gezwungen ist, starke Lichtquellen zu gebrauchen; daher wird man, wenngleich grosse Regenerativgasflammen und Gasglühlicht zur Herstellung indirecter Beleuchtung genügen dürften, dennoch von Hause aus der stärksten Lichtquelle, dem elektrischen Bogenlicht, den Vorzug geben.

Man ist überdies auf diesem Wege in Stand gesetzt, das Bogenlicht, welches sonst gerade wegen der ungeheuren Lichtintensität zur directen Beleuchtung von Zimmern kaum verwerthbar war, zur Verwendung zu nehmen. — Es kam nur darauf an, geeignete Reflectoren zu construiren. Dies ist nach mannigfachen Versuchen geglückt.

Zunächst löste man sich von dem Gedanken los, einzig die Wandflächen und Decken als rückstrahlende Flächen zu benutzen, und versuchte eine Zerstreuung des Lichtes nahe an der Lichtquelle durch künstliche Mittel, indem man gleichzeitig durch das verwandte, für Licht nur mässig durchgängige Material eine geringe Art von directer Beleuchtung noch mit anstrebte.

So entstanden jene Constructionen, welche als Lamellenleuchtkörper in die moderne Beleuchtungstechnik eingeführt wurden. Es

wird hierbei entweder durch ein System von rings um die leuchtende Flamme angeordneten Milchglasplatten das Licht zur Zerstreuung gebracht, oder man verwendet in nächster Nähe der Flamme grosse reflectirende Flächen aus hellem, durchschimmerndem Material. Zur ersteren Kategorie gehören die Lamellenreflectoren von Elster, die sowohl für elektrisches Bogenlicht als auch für Gas gebraucht werden; sie bestehen aus einer Reihe von Mattglasplatten (Lamellen), welche radiär so gestellt sind, dass die von der Lichtquelle auffallenden Strahlen nicht senkrecht, sondern theils gebrochen durchgehen, theils seitlich abgelenkt werden. Die der Lichtquelle zugekehrte

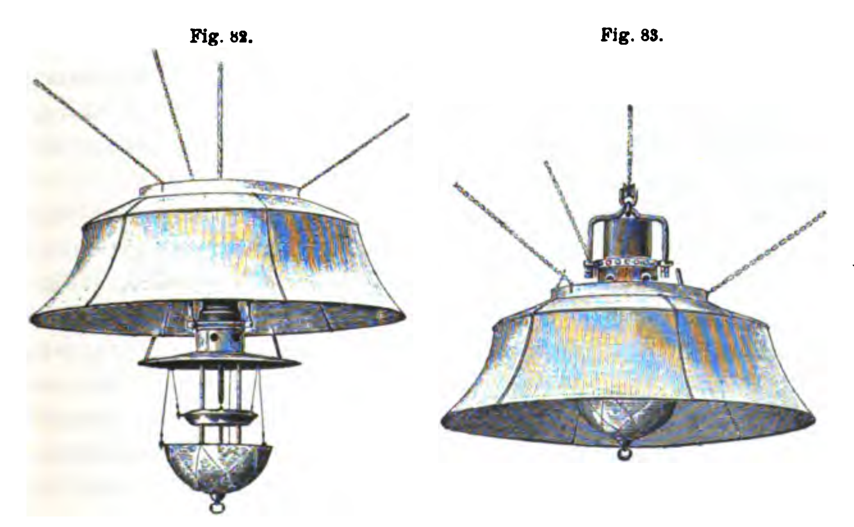


Fig. 82. Fig. 83.

Oberlichtreflectoren, System Hrabowski.

Innenfläche der Lamellen reflectirt die Lichtstrahlen auf die Aussenfläche der benachbarten Lamelle, von wo aus das so mehrfach reflectirte Licht in den Raum tritt. Um die Lichtquelle völlig dem Auge zu entziehen, erhalten die Lamellen in der Richtung zum Lichtbogen eine dem Lichtpunkte entsprechende geringe Ueberdeckung.

Das zweite Princip ist in dem nur für elektrisches Licht bestimmten Oberlichtreflector mit Bogenlampe, System Hrabowski (Siemens & Halske) D. R. P. Nr. 54724, vertreten.

Der Reflector (Fig. 82 und 83) besteht nach der Beschreibung des Erfinders aus einem flach-glockenförmigen Drahtgestell, welches mit weisser oder für besondere Zwecke farbiger Leinwand bespannt ist; er wird durch drei Ketten oder Drähte an der Zimmerdecke dauernd

aufgehängt. Die Mitte dieses Reflectors lässt eine kreisrunde Oeffnung frei, durch welche der an einer einfachen Aufziehvorrichtung hängende Beleuchtungsapparat mit seinem oberen Theile hindurchtreten kann. Der Beleuchtungsapparat besteht aus einer Bogenlampe, welche auf einem am Aufhängebügel befestigten gusseisernen Ringe ruht; mit letzterem ist ein weiss lackirter, concaver Blechschirm fest verbunden, welcher beim Aufziehen der Lampe von unten gegen den Leinwandreflector stösst. An dem Blechschirm werden durch je drei Drähte ein sorgfältig geschliffener Glasring von dreieckigem Querschnitt (Prismenring) und eine Halbglocke aus Alabasterglas mit Drahtnetz und Aschenteller aufgehängt.

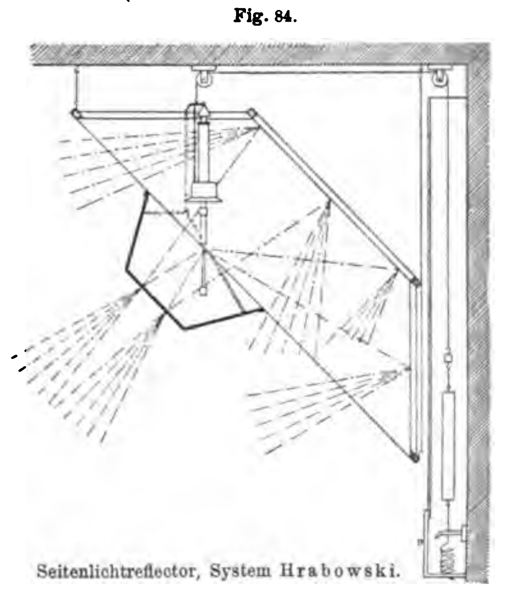
Dieser Reflector ist für Gleichstrom-Bogenlampen mit festem Brennpunkt und oberer positiver Kohle construirt unter Benutzung der Ergebnisse photometrischer Messungen, welche über die Strahlung einer solchen Lampe nach den verschiedenen Richtungen des Raumes angestellt worden sind.

Nach diesen Messungen dehnt sich die Strahlung über eine Zone aus, welche 20° oberhalb der durch den Brennpunkt der Lampe gelegten Horizontalebene beginnt und 70° unterhalb derselben endigt, während die den Kohlen benachbarten Räume fast gar keine Lichtstrahlen enthalten. Die grösste Lichtintensität erstreckt sich über die Zone von 15—55° unterhalb der Horizontalebene. Bei Anwendung des Oberlichtreflectors fallen die oberen Lichtstrahlen bis zu 25° unterhalb der Horizontalebene direct auf den Leinwandschirm; sie stellen etwa 33 % der gesammten von der Lampe ausgestrahlten Lichtmenge dar. Die Strahlen, welche zwischen 25° und 45° Neigung besitzen, müssen den Prismenring durchsetzen und werden durch denselben derart abgelenkt, dass sie in nahezu horizontaler Richtung auf den Leinwandschirm gelangen. Die auf den Prismenring fallende Lichtmenge beträgt 42 % der gesammten Strahlung, so dass, wenn wir 10 % Verlust im Glasring in Abzug bringen, 38 % auf den Leinwandschirm treffen. Von den etwa 70 % der gesammten Strahlung, welche somit auf den Leinwandschirm fallen, wird ein kleiner Theil hindurch gelassen und zur milden Beleuchtung der Decke und des oberen Theiles der Wände benutzt; der grösste Theil wird von dem Schirm zerstreut reflectirt und nach unten geworfen. Die Alabasterglocke, welche die direct nach unten fallenden Strahlen abblendet, lässt in Folge ihrer Transparenz einen Theil des Lichtes nach unten austreten, während ein anderer Theil nach oben gegen den Reflector und von diesem wieder nach unten zurückgeworfen

wird. Die leuchtenden Flächen erscheinen in Folge ihrer Grösse nur mässig hell, während sie vermöge ihrer Form den unter ihnen liegenden Raum in weitem Umkreise mit einem gleichförmigen, milden Lichte versehen, in welchem scharfe Schatten ausgeschlossen sind.

In seiner Wirksamkeit ist der Reflector von der Färbung der Zimmerwände und der Decke vollständig unabhängig. Er lässt sich in Zeichen- und Modellirsälen, in Malerateliers, in Sammlungen und Ausstellungen, in Hör- und Lesesälen als Ersatz der Tagesbeleuchtung verwenden.

Fig. 84.



Seitenlichtreflector, System Hrabowski.

Hrabowski hat auch einen Seitenlichtapparat für Bogenlampen construirt (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft) (Fig. 84). Die Hälfte des vom Leuchtpunkt ausgestrahlten Lichtes gelangt nach einmaliger Reflection vom Hauptreflector auf die zu beleuchtenden Objecte; die andere Hälfte des Lichtes, welche auf den Transparentreflector fällt, wird theils durchgelassen, theils von diesem auf den Hauptreflector geworfen. Der grosse Helligkeitseffect wird dadurch erzielt, dass bei der Umwandlung des directen in diffuses Licht ein nur sehr geringer Verlust eintritt. Was an Licht durch die unbedingt nothwendige einmalige Reflection und die Absorption des transparenten Glases verloren geht, wird durch die Sammlung nach der einen Seite wieder gewonnen. Der Apparat, von den beleuchteten Objecten aus gesehen, erscheint als ein mehrere Quadratmeter grosser Leuchtkörper, der auf allen Seiten gleich hell ist und in der Mitte eine etwas hellere Stelle hat. Durch Einlegen transparenter Glasscheiben kann die Helligkeit dieser Stelle beliebig verändert werden, so dass die Schatten der Objecte beliebig hart und weich gemacht werden können.

Im Allgemeinen kommen Reflectoren von 2 auf 2 Meter mit einer oder zwei 9 Amp.-Bogenlampen zur Anwendung.

Ueber die Lichtwirkung des Seitenlichtapparates giebt der in Fig. 85 dargestellte Plan Aufschluss, in welchem die einzelnen Zahlen die mit dem Weber'schen Photometer ermittelte Helligkeit in Meterkerzen für den einzelnen Platz bedeuten.

Die Vorzüge des neuen Seitenlichtapparates lassen sich folgendermassen zusammenfassen: Das von dem Apparate ausgestrahlte Licht hat dieselbe Farbe wie das Tageslicht, fällt schräg von oben wie Tages-Atelierlicht, hat photometrisch fast dieselbe Helligkeit, ist ebenso diffus, blendet ebensowenig wie dasselbe und giebt einen ebenso weichen, aufgehellten Schatten wie gutes Tages-Atelierlicht.

Fig. 85.

60	77	87	81	52	36	32	29	26	23
88	124	129	93	65	47	38	33	28	24
87	129	146	121	78	54	40	36	30	25
75	128	157	130	82	57	41	37	31	25
87	129	146	121	78	54	40	36	30	25
88	124	129	93	65	47	38	33	28	24
60	77	87	81	52	36	32	29	26	23

Apparat mit zwei 9 Ampère-Lampen.

7 Meter

10 Meter

Summe der Zahlen = 4599. Das Licht auf der 70 qm grossen Fläche in der Höhe der Zeichentische beträgt im Ganzen 4599 Meter-Normalkerzen.

Zeichensaal Nr. 1 in der Handwerkerschule zu Berlin.

Der Autor vindicirt dem Licht vor dem Tageslicht sogar die Vorzüge,

- dass es immer gleich ist, während das Tageslicht sich mit jeder Bewölkung und jeder Tages- und Jahreszeit ändert;
- dass es gleichmässiger vertheilt ist, indem das Licht bei der neuen Beleuchtung an der hellsten Stelle nur 5mal so hell ist als in einem Abstand des Apparates von 9 m, während das Tageslicht am Fenster eines gewöhnlichen Ateliers 100mal so hell ist als an der gegenüberliegenden Wand,
- und dass es moderationsfähiger ist, indem durch Aenderung der Transparentenscheibe und durch Hinzulegen und Hinwegnehmen einer 2. und 3. Scheibe die Schatten beliebig weich und hart gemacht werden können.

Die hygienische Werthigkeit des künstlichen Lichtes.

Bei der Beurtheilung des künstlichen Lichtes in hygienischer Beziehung sind folgende Punkte in Betracht zu ziehen:

1. Intensität und Farbe des Lichtes;
2. Reinhaltung der Zimmerluft;
3. Temperatur der Zimmerluft;
4. Explosions- und Feuergefährlichkeit der Beleuchtungsmaterialien.

ad 1. Der für die Lichtintensität der künstlichen Lichtquellen zu stellenden Forderung, dass durch die künstliche Beleuchtung eine Lichtmenge geschaffen werde, bei welcher man ebenso gut lesen kann wie bei ausreichendem Tageslicht, und welche im Minimum 10 Meterkerzen auf der Tischfläche betragen soll, entspricht an erster Stelle das elektrische Bogenlicht, welches in der Form der indirecten Beleuchtung ein nicht nur dem Auge wohlthuendes Licht, sondern auch eine den Anforderungen entsprechende Helligkeit gewährt. — Elektrisches Glühlicht bietet zwar ein angenehmes Licht, ist aber von so geringer Intensität, dass bei seiner Verwendung zur Schulzimmerbeleuchtung eine grössere Anzahl von Lampen erforderlich ist. — Das Gaslicht, bei dem die Sehschärfe gegenüber dem Tageslicht um etwa $^1/_{10}$—$^3/_{10}$ herabgesetzt ist, so dass es dem elektrischen Lichte nachsteht, sollte nur als Gasglühlicht zur Verwendung kommen, das nicht nur bei Einrichtungen zur Erzeugung indirecter Beleuchtung, sondern auch ohne diese eine für die Schulzimmer genügende Intensität gewährt. Die gewöhnliche Gasflamme, d. h. das Gaslicht ohne Glühkörper, ist wegen ihrer geringen Lichtstärke für Schulzwecke wenig empfehlenswerth; nur die grösseren Regenerativ-Gasbrenner vermögen die erforderliche Lichtmenge zu erzeugen. — Eine geringe Lichtstärke haben auch die gewöhnlichen Petroleumlampen, von denen die Sonnen- und Rundbrennner den Vorzug vor den Schnittbrennern verdienen; doch kann durch das neuerdings bekannt gewordene Petroleumglühlicht, vorausgesetzt, dass die noch unvollkommenen Einrichtungen entsprechende Verbesserungen erfahren, oder durch das Petroleum-Regenerativlicht (Glanzlicht, Patent Schülke) eine brauchbare Beleuchtung der Schulzimmer erreicht werden, weshalb dasselbe an Orten, die kein Gas haben, zur Benutzung wird empfohlen werden können.

Wir haben bei der Besprechung der einzelnen Lichtquellen bereits die ihnen eigenen Intensitäten angegeben; hier seien nur noch einzelne der jetzt weniger gebrauchten Lichtquellen nach ihrer Helligkeit mit dem Gaslicht verglichen. August Vogel giebt als Intensität an bei

Gas 100	Paraffin 75	Rapsöl 63	Stearin 60
Petroleum 87	Solaröl 68	Talg 62	Wachs 56.

Um demnach unter fast gleichen Umständen dieselbe Helligkeit zu erzeugen, ist für eine gegebene Zeit in Gewichtsmengen nöthig von

Leuchtgas 100	Paraffin 133	Rapsöl 158	Stearin 166
Petroleum 114	Solaröl 147	Talg 161	Wachs 178.

Natürlich erfahren diese Intensitäten durch die Construction der Brenner und die Verwendung von Cylindern und Glocken entsprechende Aenderung.

Wieviel Flammen anzubringen und wie dieselben im Raume zu vertheilen sind, um die erforderliche Helligkeit auf den Schreibflächen zu erzielen, ist schon bei den einzelnen Beleuchtungsarten angegeben, eventuell kann es aus der Intensität derselben und den beigefügten Beleuchtungscurven berechnet werden. Nur sei hier noch darauf hingewiesen, dass bei Verwendung directer Beleuchtung das Licht dem Schüler ausschliesslich von der linken Seite zugehe; wenigstens soll das von links herkommende Licht dasjenige an Intensität bedeutend übertreffen, welches von anderer Seite auf den Platz des Schülers fällt; daher räth Erismann, an der zur Linken der Schüler befindlichen Wand Lampen anzubringen. Ferner dürfen die Schüler nie gezwungen werden, beim Sehen nach der Tafel entweder durch eine Flamme oder an einer oder mehreren vorüber zu sehen. So wenig es statthaft ist, dass in Schulzimmern das Tageslicht von vorn einfällt, so wenig kann zugegeben werden, dass künstliches Licht von dieser Seite kommt, weil die Augen sonst bei jedem Blick auf den Lehrer geblendet werden.

In Betreff der Farbe des Lichtes ist zu bemerken, dass im Tageslicht die drei Grundfarben: Roth, Gelb, Grün im Verhältniss von 3 : 2 : 5 gemischt sind. Alle künstlichen Lichtquellen enthalten weit mehr gelbe und rothe Strahlen als das Tageslicht, dagegen sind Grün, Blau und Violett in geringerer Menge vorhanden. Petroleumlicht hat einen röthlichen Schein, Gaslicht einen gelblichen, Gasglühlicht hat eine weisse Farbe mit leichtem gelb-grünem Ton. Der Farbe des Tageslichtes kommt am nächsten das elektrische

Licht. Von der Farbe des Lichtes hängt das Erkennen der Farben ab. Das elektrische Licht bessert den Farbensinn gegenüber dem Gaslicht durchgängig und zwar den Rothsinn um das 2—6fache, den Grünsinn um das 2—4fache, den Blausinn um das 1½—2fache und den Gelbsinn um das 2—5fache. Es wäre demnach für die Erkennung der Farben das elektrische Licht das günstigste Licht. Weniger geeignet ist das Gasglühlicht, und am wenigsten brauchbar ist in dieser Beziehung das gewöhnliche Gaslicht und das Petroleumlicht.

ad 2. Eine stetige Verunreinigung der Zimmerluft erfolgt bei den meisten Beleuchtungsmaterialien durch die bei der Verbrennung entstehenden Producte, die verschieden sind je nach dem Material der Leuchtstoffe, nach der Construction der Brenner und nach dem Grade der Beleuchtungsintensität.

Nachstehende Tabelle zeigt uns, welche Mengen der Beleuchtungsmaterialien zur Erzielung einer bestimmten Helligkeit erforderlich sind und wie gross dabei die Menge der producirten Kohlensäure ist.

Beleuchtungsart	Stündlicher Verbrauch g	Lichtstärke in Normalkerzen	Stündliche CO_2-Production l	Stündliche CO_2-Production bei 1 Normalk. l
Kerze (Stearin) . . .	8	1	11,3	11,3
Oellampe	22,4	4	31,2	8,8
Petrol.-Schnittbrenner .	35,5	10	56,8	5,68
„ Rundbrenner .	50,5	7,6	61,6	8,1
Gas-Schnittbrenner . .	140	7,8	92,8	11,9
„ Rundbrenner . .	127	10	86,0	8,6

Bei den Gas-Regenerativbrennern (Siemens) wird fast die gesammte producirte Kohlensäuremenge fortgeleitet, so dass sie nicht der Zimmerluft sich beimengen kann. Gasglühlicht erzeugt wenig, elektrisches Licht keine Kohlensäure. Es verdienen in dieser Beziehung also die drei letztgenannten Beleuchtungsarten den Vorzug vor den übrigen, von denen der Gas-Schnittbrenner sich sogar noch ungünstiger stellt als die Stearinkerze.

Indess kann die Menge der Kohlensäure allein nicht den geeigneten Maassstab für die Verschlechterung der Luft im Zimmer abgeben; vielmehr bilden die Mittelstufen der Verbrennungsproducte, also die Kohlenwasserstoffe, einen wesentlichen Factor der Luftverschlechterung. Erismann constatirte, dass sowohl Kohlensäure

wie Kohlenwasserstoffe (organische Substanzen), welche beide zwar in geschlossenen Räumen bei allen Sorten künstlicher Beleuchtung gegenüber der atmosphärischen Luft vermehrt sind, in verschiedenen Schichten des erleuchteten Zimmers in verschiedenen Quantitäten vorhanden sind. Im Ganzen ergaben sich als Mittelwerthe von Untersuchungen der Luft, die aus vier verschiedenen Schichten des Raumes genommen war, bei gleicher Lichtstärke für den Kohlensäuregehalt

bei Petroleum,	Rüböl,	Leuchtgas,	Stearinkerzen
0,32	0,68	1,04	2,58 p. m.

Der Gehalt an Kohlenwasserstoffgas (Sumpfgas CH_4) betrug

bei Petroleum,	Rüböl,	Leuchtgas,	Stearinkerzen
0,030	0,095	0,119	0,139 p. m.

Wenn die Luftverderbniss im Ganzen in Anschlag gebracht wurde, so verhielten sich diese Beimischungen (auf 6 Normalkerzen berechnet)

für Petroleum, Rüböl, Leuchtgas, Kerzen wie 1 : 4 : 4 : 7,

so dass von diesen Beleuchtungsarten Petroleum als das am wenigsten schädliche erscheint.

Neben Kohlensäure, Kohlenwasserstoffen und Wasserdampf erzeugen, wie schon erwähnt wurde, die verschiedenen Beleuchtungsmaterialien noch einzelne andere Producte, die zur Verunreinigung der Luft beitragen; auch diese müssen berücksichtigt werden. Freilich können dieselben, sofern die Beleuchtungsmaterialien sorgfältig gereinigt, die Brenner gut construirt sind und die Flammen in richtiger Höhe brennen, als wenig nachtheilig für die Gesundheit bezeichnet werden, weil ihre Menge immerhin nur eine geringe ist und man eventuell im Stande ist, die Producte nach aussen abzuführen.

ad 3. Die durch die künstliche Beleuchtung herbeigeführte Erwärmung der Schulräume ist verschieden je nach Art des Beleuchtungsmaterials, nach der Construction der Brenner und nach dem Grade der Helligkeit. Bei gleicher Lichtstärke verhält sich die Wärmeproduction von Kerzen (Talg), Petroleum und Gas wie

Kerzen (Talg)	Petroleum	Gas
100	29	47

Es trägt daher Petroleum am wenigsten zur Erhöhung der Zimmertemperatur bei, etwas mehr Leuchtgas; dagegen wirkt Kerzenbeleuchtung höchst nachtheilig. Geelmuyden stellt folgende Tabelle auf:

Für je 100 Normalkerzen Helligkeit pro Stunde werden verbraucht

	an Material	Es werden erzeugt Wärme in Calorien
Stearinkerzen . . .	830 g Stearin	7140
Petroleumlampen . .	313 g Petroleum	3440
Schnittbrenner . . .	1160 l Gas	6380
Argandbrenner . . .	876 l „	4820
Regenerativbrenner .	430 l „	2370
Auer-Glühlicht . . .	200 l „	1100
Elektrisches Glühlicht		290

Das elektrische Glühlicht ist demnach in Bezug auf seine Wärmeproduction am günstigsten; dann folgen Auer-Glühlicht, Regenerativbrenner u. s. w.

Ein Vortheil der elektrischen Beleuchtung vor den übrigen Beleuchtungsarten ist die fast gleichmässige Erwärmung der Luft in den oberen und unteren Theilen des beleuchteten Zimmers. Nach Renk[1]) nahm im Münchener Nationaltheater bei leerem Hause die Temperatur zu

bei elektrischem Licht im Parkett um 0,4° C., auf der Galerie um 0,8° C.
„ Gaslicht „ „ „ 2,5° C., „ „ „ „ 8,1° C.

Rietschel führt als Ergebniss aus seinen sämmtlichen Beobachtungen an, dass die Schwankungen der Temperatur zwischen Fussboden und Kopfhöhe betrugen

bei elektrischer Beleuchtung noch nicht 1° C.
„ Gasbeleuchtung 2—3° C.

die Schwankungen zwischen Fussboden und Decke

bei elektrischer Beleuchtung 1,5—2° C.
„ Gasbeleuchtung 7—8° C.

Da hohe Erwärmung der Zimmerluft durch die Lichtquelle in normal beheizten Räumen sehr bald ausserordentlich unangenehm empfunden wird und nachträgliche Erkältungsgefahren für die Bewohner derselben in sich birgt, so ist es klar, dass wir für die künstliche Beleuchtung solche Lichtquellen vermeiden müssen, welche stark erwärmend wirken. Die in dieser Beziehung günstigste Beleuchtungsart ist das elektrische Licht.

Von grosser hygienischer Bedeutung ist ferner die strahlende Wärme, die von den einzelnen Flammen ausgeht. Bei weitem Abstande der Leuchtflamme empfindet man ein unbestimmtes Gefühl

[1]) Archiv für Hygiene. 1885, p. 1 ff.

der Bestrahlung; bei geringerer Entfernung ein deutliches Wärme- und selbst Hitzegefühl. Je höher die Lufttemperatur ist, um so stärker tritt diese Erscheinung in Wirkung (Renk). Die Bestrahlung der direct unter der Flamme sitzenden Schüler bewirkt Blutandrang nach dem Kopfe, was sich in Röthung der Wangen, Kopfschmerz und Unfähigkeit zur Aufmerksamkeit kund giebt. Um diese nachtheiligen Wirkungen zu beseitigen, ist es bei den augenblicklich üblichen Beleuchtungseinrichtungen nöthig, sehr genau das Maass abzuwägen. Im Einzelnen lässt sich bei dem dauernden Fortschritt der Technik kaum eine bestimmte Angabe machen; es wird jedes Mal die besondere Beobachtung das Entscheidende sein.

ad 4. Explosionsgefahr ist bei Petroleum vorhanden, wenn es nicht ordentlich gereinigt ist, wenn die Lampen nicht richtig construirt sind, so dass sich z. B. die Behälter auf über 30° erhitzen, und wenn beim Auslöschen der Flammen in unrichtiger Weise verfahren wird. — Gas kann aus undichten Leitungen oder aus offengebliebenen Hähnen ausströmen und mit der Zimmerluft ein explosibles Gemenge bilden. — Aehnliches gilt für Acetylen. — Elektrische Leitungen können bei ungenügender Umhüllung der Drähte anliegende brennbare Gegenstände entzünden.

Alles in allem genommen, ist für die Schulzimmer das elektrische Bogenlicht in der Form der indirecten Beleuchtung das beste Licht. Wo elektrisches Licht nicht vorhanden ist, wird man vom Gaslicht das Gasglühlicht, gleichfalls als indirecte Beleuchtung, oder Siemens' invertirte Regenerativbrenner wählen; sofern sich, wie es den Anschein hat, Acetylen weiter bewährt, wird dieses mit in die Reihe treten. Muss Petroleum genommen werden, so ist von diesem vielleicht das Petroleum-Glanzlicht (Schülke) noch am ersten zu empfehlen.

G. Luft im Schulzimmer.

Literatur[1]).

Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. 1861.
Pappenheim, Handbuch der Sanitätspolizei. Artikel Luft. 1858.
Gorup Besanez, Physiologische Chemie. 1862.
Kühne, Physiologische Chemie. 1868.
Erismann, Untersuchungen über Verunreinigung der Luft durch Abtrittsgruben. Zeitschrift für Biologie. Bd. XI.

[1]) S. auch die Literatur in dem Abschnitt: H. Heizung.

v. Pettenkofer, Ueber den Kohlensäuregehalt der Grundluft im Geröllboden von München. Zeitschrift für Biologie. Bd. VII.
v. Pettenkofer, Ueber den Kohlensäuregehalt der Lybischen Wüste. Zeitschrift für Biologie. Bd. XI.
Lichtenstein, Ein Stückchen öffentlicher Gesundheitspflege. Berlin. Klinische Wochenschrift. 1874.
Seifert, Ventilation. Schmidt's Jahrbücher. Bd. 129. 1866.
Zoch, Beobachtungen über den Einfluss künstlicher Beleuchtung auf die Luftqualität in Wohnungsräumen. Zeitschrift für Biologie, Bd. III, mitgetheilt von Gorup Besanez.
v. Pettenkofer, Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden. Braunschweig 1872.
Förster, Untersuchungen über Zusammenhang der Luft in Boden und Wohnung. Zeitschrift für Biologie. Bd. XI.
Lang, C., Ueber Porosität einiger Baumaterialien. Zeitschrift für Biologie, Bd. XI, und Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877.
Märker, Untersuchungen über natürliche und künstliche Ventilation in Stallgebäuden. 1871.
Gläsgen, Ueber den Wassergehalt der Wände und dessen quantitative Bestimmung. Zeitschrift für Biologie. Bd. X.
Roscoe, Henry E., Ueber die Luft in Wohnungen. Quaterly Journal of the Chemical Society. London 1857, und Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. Bd. XIV. 1858.
Breiting, Luft in Schulzimmern. Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. II.
Baring, Der Luftsauerstoff und die Kohlensäure in Beziehung zur Hygiene. Hannover. Zeitschr. f. Heilkunde. 4—6.
Cohn, Ferdinand, Unsichtbare Feinde in der Luft. Vortrag, gehalten auf der 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Tagebl. derselben. p. 138.
Belitzki, Resultate der Luftuntersuchungen der Nordhäuser Schulen. Thüring. ärztl. Correspondenzbl. IV. p. 4.
Wolffhügel, Ueber die Prüfung von Ventilationsapparaten. München 1876.
Haesecke, Ventilation und Heizung. Berlin 1877.
Erismann, Untersuchungen über Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung. Zeitschr. f. Biologie XII. p. 315.
Mensinger, Giftige Luft in Schule und Haus. Vorwort von C. F. Möller. Flensburg. 1877.
Hess, W., Zur Bestimmung der Kohlensäure in der Luft. Zeitschr. f. Biologie XIII. p. 395.
Ransom, Schlechte Luft und Lungenkrankheiten. Sanitary Record VI. p. 117.
Luft in Schulen. Gesundheit IV. p. 183.
Lupton, Sanitäre Bedingungen für die Luft in öffentlichen Schulen. Chem. News XXXIX. p. 180.
Schottky, Luftuntersuchungen im Schulzimmer. Zeitschr. f. Biologie XV. p. 549.
Staebe-Wolpert, Preisschrift über die zweckmässigsten Ventilationssysteme. Berlin, Ernst Toeche.
Michel, P., Kleinste Organismen in der Atmosphäre. l'Union Nr. 70.
Miquel, Organischer Staub in der Atmosphäre. Annales d'Hygiène II. p. 226 u. 333.

Reclam, Eine noch nicht bekannte Eigenschaft brennender Lichter. Gesundheit 1880. p. 22.
Wallis, Ueber die verschiedenen Methoden der Kohlensäurebestimmung in der Atmosphäre für hygienische Zwecke. Hygiea XLI. p. 585.
Wiel, Verbesserung des Augus Smith'schen Apparates zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Zimmerluft. Vierteljahresschr. f. öff. Gesundheitspfl. Bd. XI. p. 235.
Heymann, Beschaffenheit der Luft in Schulen. Nord. med. arch. XII. und Annales d'Hygiène public VI. p. 207, 323.
Münnich, Bestimmung der Kohlensäure in der Luft. Deutsche militärärztl. Zeitschr. IX. p. 27. 1881.
Szydlowsky, Volumetrische Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft. Centralbl. f. med. Wissensch. XVIII. p. 734.
Vallin, Luftanalysen. Revue d'Hygiène II. p. 193.
Recknagel, Theorie der natürlichen Ventilation. Zeitschr. f. Biologie. Bd. XV.
Gruber, Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxyds und sein Vorkommen in Wohnräumen. Archiv f. Hygiene. 1883. Bd. I. p. 145 ff.
Hesse, W., Ueber quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen. Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. Berlin 1884. Bd. II.
Rietschel, H., Lüftung und Heizung von Schulen. Ergebnisse im amtlichen Auftrage ausgeführter Untersuchungen, sowie Vorschläge über Wahl, Anordnung und Ausführung von Lüftungs- und Heizungs-Anlagen für Schulen. Berlin 1886.
Ranke, J., Der Mensch. Leipzig 1887.
Romstorfer, Die Lufterneuerung in Lehrsälen und Schulwerkstätten. Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1888. p. 235 ff.
Uffelmann, Luftuntersuchungen. Archiv für Hygiene. 1888. p. 262.
Stern, Ueber den Einfluss der Ventilation auf die in der Luft suspendirten Mikroorganismen. Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 1889. p. 44.
Spinola, Sind Luftheizungen in Schulen noch zulässig? Verhandl. der Deutschen Gesellsch. f. öffentl. Gesundh. in Berlin. 1889. p. 40.
Kühner, Der Staub als Krankheitserreger. Neuwied.
Schiller-Tietz, Ein offenes Wort zur Frage der Zimmer- und Schulluft. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1889. p. 121.
Kugler, Heizung, Lüftung und Reinigung der Schulen. Ebenda. p. 523.
Kirchner, Luft in: Dammer, Handwörterbuch der öffentlichen und privaten Gesundheitspflege. Stuttgart 1890.
van Bebber, Luftfeuchtigkeit. Ebenda.
Wolpert, Wissenschaftliche Erläuterungen und theoretische Begründung einer neuen Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure. (Als Manuskript gedruckt.) Nürnberg 1890.
Schmidt-Rimpler, Die Schulkurzsichtigkeit und ihre Bekämpfung. Leipzig 1890.
Flügge, Grundriss der Hygiene. Leipzig 1891.
Recknagel, Die Schulluft. (Referat.) Zeitschr. für Schulgesundh. 1891. p. 702.
Hering, Hygienisches über den Staub. Berlin 1891.
Doerenberger, Beschaffenheit und Wechsel der Luft in den Krankenzimmern. Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 1892. Bd. XII. p. 205.
Budde, Versuche über die Verunreinigung der Luft in bewohnten

Räumen durch undichte Fussböden. Zeitschr. für Hygiene u. Inf. 1892, Bd. XII. p. 227 ff.
Wolffhügel, Zur Lehre vom Luftwechsel. München 1893.
Gillert, Luftprüfungen auf Kohlensäure, ausgeführt in Berliner Gemeindeschulen. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1893. p. 185 ff.
Meyrich, Die Staubplage in der Schule und Vorschläge zu ihrer Beseitigung. Zeitschr. f. Schulgesundh. 1894. p. 452 ff.
Rietschel, Der Stand der wissenschaftlichen und praktischen Wohnungs-Hygiene in Beziehung zur Luft. Gesundheits-Ing. 1894. Bd. XVII. Nr. 7.
Klas Sondén und Robert Tigerstedt, Untersuchungen über die Respiration und den Gesammtstoffwechsel der Menschen. Skandinav. Archiv f. Physiologie 1895. Bd. VI.
Rubner, Lehrbuch der Hygiene. Leipzig und Wien 1895.
Fischer, Die Heizung, Lüftung und Beleuchtung der Theater und Versammlungssäle. Bericht über den Congress für Hygiene u. Dem. in Budapest. 1896. Bd. IV. p. 594 ff.
Wolffhügel, Die Wahrung der Reinheit der eingeleiteten Luft und die Assanirung der Luft bei Centralventilation. Ebenda. Bd. IV. p. 533.
Nuttall, Ueber den Einfluss von Schwankungen in der relativen Feuchtigkeit der Luft auf die Wasserdampfabgabe des Körpers. Archiv für Hygiene. 1895. Bd. XXIII.
Jurisch, Ueber deutsches Luftrecht. Hygienische Rundschau. 1896. Nr. 18.
Alexander und Meyer, Untersuchungen der Luft in den städtischen Schulen zu Görlitz. (Referat.) Zeitschr. f. Schulgesundh. 1896. p. 483.
Rietschel, Die Auswahl des Ventilationssystems für Schulen, Theater u. s. w. Verh. der Deutsch. Ges. f. öff. Gesundh. zu Berlin. 1897. Nr. 2.

Der menschliche Organismus setzt zu seinem Aufbau und zu seiner Erhaltung einerseits die Aufnahme fester und flüssiger Nahrung, andererseits den Genuss des Sauerstoffs der Atmosphäre voraus. Die Verbindung beider ist die Quelle zu jener Kette von Erscheinungen, welche wir mit Leben bezeichnen und welche unterbrochen wird, wenn der eine oder der andere von den beiden wesentlichen Factoren auch nur auf kurz gemessene Zeit fehlt. Vergleichsweise sei darauf hingewiesen, dass der Mensch innerhalb 24 Stunden etwa 3—5 l fester und flüssiger Nahrung, dagegen 9000—10000 l Luft bedarf, und dass die Nahrung täglich in beliebig zu wählenden Zeitabschnitten, die Luft aber beständig dem Körper zugeführt werden muss. Während die Beschaffung von Speise und Trank für den kindlichen Organismus fast ausschliesslich Aufgabe der Familie ist, haben sich in die Sorge um gute Athemluft für das Kind Familie und Schule zu theilen. Insbesondere hat letztere sich in der ausgedehntesten Weise zu bemühen, dass allen Anforderungen, welche vom Standpunkte der Hygiene an eine normale atmosphärische Luft

gestellt werden, Genüge geschehe. Deshalb ist auch gerade das Thema „der Schulluft“ immer und immer wieder Gegenstand der Bearbeitung gewesen.

Es würde nicht möglich sein, den wichtigen Gegenstand klar zu entwickeln, ohne wenigstens in grossen Zügen auf die Athmung und auf die allgemeinen Quellen der Entmischung und Verderbniss der atmosphärischen Luft einzugehen, wobei aber nur diejenigen Factoren berücksichtigt werden sollen, welche zur Schulluft in engere Beziehung zu treten im Stande sind.

a) Die Atmosphäre. Luft im Freien.

Die atmosphärische Luft besteht aus einem Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf, kleinen Mengen von Kohlensäure, Spuren von Ozon, Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak, Salpetersäure u. s. w. Hierzu treten mancherlei zufällige Verunreinigungen: Schwefelwasserstoff, schweflige Säure und Schwefelsäure, Salzsäure, Kohlenwasserstoffe, Russ, Staub u. s. w.

Sauerstoff und Stickstoff, welche beide in der Atmosphäre nur ein Gemenge, keine chemische Verbindung darstellen, sind in fast constanten und unabänderlichen Mengen in derselben vorhanden; wechselnd ist, wenn auch nur unbedeutend, der Kohlensäuregehalt, in bedeutendem Maasse aber der Gehalt an Wasserdampf.

In 100 Raumtheilen atmosphärischer Luft sind im Mittel etwa 20,94 Volumina Sauerstoff, 79,02 Volumina Stickstoff und 0,03 bis 0,04 Volumina Kohlensäure enthalten; doch ist nicht zu übersehen, dass gewisse Einflüsse im Stande sind, quantitative Schwankungen der verschiedenen Bestandtheile hervorzurufen.

1. Der Sauerstoff der atmosphärischen Luft zeigt überall fast constante Mengenverhältnisse. Es ist dies erklärlich, weil der Vorrath der Atmosphäre an Sauerstoff ein überaus grosser ist, weil durch die Athmung der chlorophyllhaltigen Pflanzen fast ebensoviel Sauerstoff producirt wird, wie durch die Athmung der Menschen und Thiere und durch die Verbrennung verbraucht wird, und weil die Luftbewegung die gleichmässige Vertheilung des Sauerstoffs in der Atmosphäre herbeiführt. Erst durch verfeinerte Untersuchungsmethoden konnte von Jolly den Nachweis führen, dass der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre geringen Schwankungen unterliegt, von 20,53—20,01 %, von 20,47—20,96 % u. s. w., und dass insbesondere bei Süd- und Westwinden die niedrigsten, bei Nord- und Ostwinden die höchsten

Zahlen des Sauerstoffgehaltes sich vorfinden. Von Jolly kommt zu dem allgemeinen Ausspruch, dass die Luft unter dem Herrschen des Polarstromes den grössten, unter dem Herrschen des Aequatorialstromes den geringsten Sauerstoffgehalt zeigt. Nach Regnault und Bunsen kommen Schwankungen zwischen 20,9 und 21,0 % vor, nach Flügge betragen sie in maximo 0,5 %.

Indess sind diese Schwankungen ohne Einfluss auf die Bedeutung dieses für die Erhaltung des menschlichen und thierischen Lebens und für die Verbrennung und Zersetzung aller organischen Stoffe nothwendigen Gases.

2. Der Stickstoff der atmosphärischen Luft, dem ein Einfluss auf die Functionen im menschlichen Körper nicht zukommt, wirkt gewissermassen verdünnend auf den Sauerstoff und ist in hygienischer Beziehung ohne nachweisliche Bedeutung.

3. Wasserdampf. Ueberaus wechselnd ist der Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf, der sich beim Verdunsten des Wassers, bei der Athmung der Menschen und Thiere, bei der Verbrennung u. s. w. bildet. Er übt in der Luft einen gewissen Druck aus, so dass das Barometer um einige Millimeter fallen müsste, wenn die atmosphärische Luft plötzlich trocken würde. In Folge dieser Eigenschaft kann die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes durch den von ihm ausgeübten Druck bestimmt, also in Millimeter Quecksilberdruck angegeben werden. Je höher die Temperatur steigt, desto mehr Wasserdampf kann von der Luft aufgenommen werden und desto grösser ist der von ihm ausgeübte Druck. Aber bei jedem Temperaturgrad giebt es ein scharf begrenztes Maximum in der Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf. Enthält die Luft gerade so viel Wasserdampf, als sie bei dem betreffenden Temperaturgrade aufnehmen kann, so ist sie gesättigt. Man bezeichnet diesen Punkt als Sättigungspunkt oder maximale Feuchtigkeit.

Druck und Gewicht des Wasserdampfes (nach Flügge):

Temperatur	Wasserdampf		Temperatur	Wasserdampf	
	Druck mm	Gewicht in Gramm in 1 cbm		Druck mm	Gewicht in Gramm in 1 cbm
— 10°	2,0	2,3	+ 14°	11,9	12,0
— 5°	3,1	3,4	+ 15°	12,7	12,8
0°	4,6	4,9	+ 16°	13,5	13,6
+ 5°	6,5	6,8	+ 17°	14,4	14,4
+ 10°	9,2	9,4	+ 18°	15,4	15,3
+ 11°	9,8	10,0	+ 19°	16,4	16,2
+ 12°	10,5	10,6	+ 20°	17,4	17,2
+ 13°	11,2	11,3			

Nun ist aber für gewöhnlich die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt; sie enthält eine geringere Menge von demselben, als sie bei dem betreffenden Temperaturgrade aufnehmen kann. Bestimmen wir die Wasserdampfmenge in Gramm, welche in 1 cbm Luft im gegebenen Falle thatsächlich enthalten ist, so erhalten wir die absolute Feuchtigkeit. Wenn wir diese in Procenten der für die betreffende Temperatur möglichen maximalen Feuchtigkeit angeben, so ist damit die relative Feuchtigkeit der Luft ermittelt.

Beispiel: Maximale Feuchtigkeit bei 17° = 14,4 g,
Absolute „ „ 17° = 10,8 g,
so ist die relative „ „ 17° = $\frac{10,8}{14,4}$ = 75%.

Ebenso können wir aus der relativen Feuchtigkeit die absolute Feuchtigkeit berechnen. Beträgt bei 14° die relative Feuchtigkeit 30% der maximalen Feuchtigkeit, so ist die Menge des Wasserdampfes bei diesem Temperaturgrade 30% von 12,0 g = 3,6 g.

Die Differenz zwischen der maximalen und der absoluten Luftfeuchtigkeit ist das Sättigungsdeficit; dasselbe giebt an, wieviel Wasserdampf die Luft bei dem betreffenden Temperaturgrade noch aufnehmen kann. Es beträgt bei dem letzten Beispiele 70% der maximalen Feuchtigkeit oder 12,0 g — 3,6 g = 8,4 g. Kühlt sich eine Luft, welche bei ihrer ursprünglichen Temperatur nicht mit Wasserdampf gesättigt war, allmählich ab, so muss sie bei fortschreitender Abkühlung schliesslich den Temperaturgrad erreichen, bei welchem sie nunmehr durch den ursprünglichen Wasserdampfgehalt gesättigt ist. Schreitet die Abkühlung noch weiter fort, so wird ein Theil des Wasserdampfes in tropfbarflüssiger Form ausgeschieden. Die Temperatur, bei welcher die Ausscheidung beginnt, heisst der Thaupunkt.

Die Luftfeuchtigkeit zeigt bedeutende Schwankungen, die von Tageszeit, Jahreszeit und Ort abhängig sind. Nach van Bebber sind bei der absoluten Feuchtigkeit die täglichen Schwankungen nur gering, während die jährlichen Schwankungen bedeutender sind. Der Gang der letzteren entspricht demjenigen der Temperatur. Das Minimum der absoluten Feuchtigkeit fällt in den kältesten Monat, in unseren Gegenden auf den Januar, das Maximum in die Sommermonate. In Deutschland beträgt das Mittel im Winter etwa 4 mm, im Sommer etwa 11 mm Quecksilberdruck. Am grössten sind die Schwankungen des Wasserdampfdruckes in Westdeutschland, geringer

im Osten. — Die relative Feuchtigkeit zeigt eine ausgesprochene tägliche Periode. Da die gleiche absolute Wassermenge die Luft um so weniger zu sättigen vermag, je höher die Temperatur derselben ist, so wird die relative Feuchtigkeit in demselben Maasse sinken, als die Temperatur ansteigt. Die relative Feuchtigkeit ist daher geringer am Tage, grösser in der Nacht; sie sinkt von Sonnenaufgang an und steigt mit Sonnenniedergang. Ihr täglicher Gang ist also umgekehrt proportional demjenigen der Tagestemperatur. Viel unregelmässiger ist die jährliche Periode. In Deutschland ist die relative Feuchtigkeit am grössten im Januar und Februar, am geringsten im Mai. Ihr Jahresmittel ist an der Küste grösser als im Binnenlande. — Das Sättigungsdeficit hat in seinem jährlichen Gange viele Uebereinstimmung mit jenem der Temperatur; sein Minimum fällt bei uns in den December oder Januar, sein Maximum in den Juli.

Die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für die menschliche Gesundheit ist eine directe und eine indirecte. Von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft hängt zunächst die Wasserdampfabgabe unseres Körpers ab. Je trockener die Luft ist, d. h. je grösser das Sättigungsdeficit ist, um so mehr Wasser kann unser Körper an die umgebende Atmosphäre abgeben. Auf Grund eigener Versuche gelangt Nuttall zu dem Schluss, dass innerhalb der Grenzen von 12—63 % relativer Feuchtigkeit der Luft die Wasserdampfabgabe der Haut eine nahezu gleichbleibende ist, so dass also die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit innerhalb dieser Grenzen keine Ursache für eine vermehrte Wasserabgabe der Haut sind. Flügge[1]) meint, „dass die Gesammtwasserdampfabgabe des Körpers vom hygienischen Standpunkte aus überhaupt nicht von hervorragendem Interesse erscheint, weil Schwankungen derselben selten zu Gesundheitsstörungen führen. Der Körper verfügt in dieser Beziehung über vorzügliche regulatorische Einrichtungen, und schliesslich giebt uns die Durstempfindung rechtzeitig Anlass, eine etwaige stärkere Abgabe durch Wasseraufnahme auszugleichen. Die gewöhnlichen Schwankungen der Luftfeuchtigkeit, besonders bei mittlerer Temperatur von 10—20°, können für unser körperliches Befinden und selbst für unsere Empfindung als irrelevant bezeichnet werden. Ob bei solcher Temperatur die Luft 30, 40, 50, 60 oder 70 % relative Feuchtigkeit enthält, ist für gesunde Menschen unbemerkbar und äussert sich keinesfalls durch irgend-

---

[1]) A. a. O. p. 94 ff.

welche nennnenswerthe Störungen des Wohlbefindens. Erst extremen Feuchtigkeitsgraden unter 30 und über 80 % kommt eine belästigende Wirkung zu". Sehr trockene Luft bewirkt, dass bei offenem Munde und bei anhaltendem Sprechen (Lehrer!) Zunge und Gaumen eintrocknen. Diese Erscheinung ist wesentlich örtlicher Natur und beruht darauf, dass den betreffenden Organen durch die Berührung mit der trockenen Luft Wasser entzogen wird. Warme feuchte Luft verhindert die Wärmeabgabe sowohl bei der Athmung als auch bei der Schweissverdunstung, so dass die Wasserabgabe des Körpers auf anderem Wege (Nieren, Darm) erfolgen muss.

Den besten Ausdruck für die austrocknende Wirkung der Luft bildet das Sättigungsdeficit. Durch Versuche ist festgestellt worden, dass die Grösse der Wasserverdunstung der Grösse des Sättigungsdeficites proportional ist; denn je grösser die Wassermenge ist, die die Luft bis zur völligen Sättigung aufnehmen kann, um so stärker ist ihre austrocknende Wirkung. Im Freien kommt hierbei als zweiter Factor noch die Luftbewegung in Betracht.

4. Kohlensäure entsteht durch die Athmung der Menschen und Thiere, durch Fäulniss und Verwesung, durch Verbrennung, durch die Athmung der Pflanzen und Pflanzentheile, welche kein Chlorophyll enthalten, u. s. w. Sie wird aus der Atmosphäre fortgeschafft durch die Pflanzen, welche Chlorophyll enthalten, durch die Niederschläge, durch die Bildung kohlensaurer Salze u. s. w. In Folge dessen ist der Kohlensäuregehalt in der Atmosphäre nur gering und zeigt nur unbedeutende Schwankungen. Eine kleine Verringerung desselben kann in der Nähe ausgedehnter Waldungen eintreten. Eine geringfügige Steigerung ist bei windstillem Wetter in grossen Städten, in Industriebezirken, ferner bei Moorrauch, und zwar auf 0,04—0,05 %, wahrzunehmen. So fand Augus Smith den Kohlensäuregehalt zwischen Stadt und Land verschieden; auch sogar in den einzelnen Gegenden einer und derselben Stadt waren Differenzen bemerkbar. Nach ihm war der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure:

auf den Hügeln Schottlands	= 3,32	pro	10000
in London, West u. West-Centrum	= 4,115	„	„
„ „ Ost und Ost-Centrum	= 4,745	„	„
„ Glasgow, engere Theile der Stadt	= 5,39	„	„
„ „ weitere „ „ „	= 4,61	„	„

Die geringe Menge, in welcher die giftige Kohlensäure in der Atmosphäre vorkommt, wirkt nicht schädlich, da nach Flügge selbst

ein Gehalt der Luft von 1% für längere Zeit, ein solcher von 5—10% vorübergehend ohne Schaden ertragen werden kann[1]). Trotzdem ist festgestellt, dass freie Luft von 0,4—0,5 p. m. Kohlensäure, wie sie stellenweise in Industriebezirken oder bei Moorrauch vorkommt, sich auf die Dauer schlecht athmen lässt, und dass Wohnungsluft mit 1—5 p. m. Kohlensäure bei vielen Menschen Kopfschmerz, Schwindel und Uebelkeit erzeugt. In diesen Fällen werden die Schädigungen aber nicht durch die Kohlensäure direct veranlasst, sondern durch die schädlichen Producte, welche gleichzeitig und parallel mit der Kohlensäure gebildet bezw. von den Menschen ausgeschieden werden. (Näheres hierüber s. nächstes Capitel p. 336.) Im Allgemeinen wird man annehmen dürfen, dass jede Steigerung des Kohlensäuregehaltes im Freien über 0,35 p. m., in Wohnräumen über 1,0 p. m. mit lästigen Empfindungen und einer Beeinträchtigung der Gesundheit verbunden ist, und dass daher eine solche Luft beanstandet werden muss.

5. Das Ozon, von dem man im Mittel etwa 2 mg in 100 cbm Luft findet, beobachtet man am wenigsten bei trockenen Nord- und Nordostwinden, bei Windstille, vor Gewittern, am meisten bei bewegter feuchter Luft, nach Gewittern und bei Schneefall. Oertliche Steigerungen finden sich in Wäldern, am Meer, auf Bergen u. s. w. In den meisten grösseren Städten ist in der Strassenluft kein Ozon nachweisbar, ebenso niemals in bewohnten Räumen. Aus den bisherigen Untersuchungen lässt sich nichts entnehmen, was für eine hygienische Bedeutung des Ozons spräche; dazu sind seine Mengen viel zu gering. Eine directe Wirkung des in der Luft enthaltenen Ozons auf die Gesundheit des Menschen wird bestritten, während man einen indirecten hygienischen Einfluss darin vermuthet hat, dass das Ozon vielleicht Mikroorganismen und speciell Infectionserreger zu tödten vermöge; aber auch dies ist nicht erwiesen. Zwar sind statistische Vergleiche zwischen den Resultaten der Ozonmessung und dem Auftreten von Infectionskrankheiten mehrfach angestellt, aber immer ohne positives Ergebniss.

Das Ozon der atmosphärischen Luft mit seinem sehr energischen Oxydationsvermögen hat nur insofern Bedeutung, als sein Vorkommen anzeigt, dass die Luft frei von allem organischen Staub, übelriechenden Substanzen u. s. w. ist, da diese alle das Ozon rasch zersetzen, letzteres also nicht neben jenen bestehen kann[2]).

[1]) Flügge, Grundriss der Hygiene. 1891. p. 139.
[2]) Flügge, a. a. O. p. 138 ff.

6. Das Wasserstoffsuperoxyd, das wie das Ozon ein starkes Oxydationsvermögen besitzt, löst sich leicht in den Niederschlägen, in denen sich im Mittel 0,2 mg pro Liter Niederschlag finden. Eine hygienische Bedeutung scheint ihm nicht zuzukommen.

Salpetersäure und salpetrige Säure entstehen in der Atmosphäre durch elektrische Entladungen, Ammoniak in Folge von Zersetzungsvorgängen stickstoffhaltiger organischer Substanzen in den obersten Bodenschichten unter dem Einflusse von Mikroorganismen. Von ersteren kommen 0,002—0,006 mg, von letzterem 0,022—0,218 mg in 1 cbm Luft vor. Der Gehalt der Luft an diesen Bestandtheilen ist auch wesentlich von den Niederschlägen abhängig, da diese die Luft von Salpetersäure, salpetriger Säure und Ammoniak reinigen, weshalb man auch von der Menge dieser Bestandtheile im Niederschlagwasser auf ihre Quantitäten in der Atmosphäre schliessen kann.

b) Quellen der Verderbniss der atmosphärischen Luft.

1. Die Athmung.

Ein gesunder Mann mittleren Körpergewichts nimmt bei normaler, nur durch den Appetit geregelter Ernährung und bei relativer Körperruhe in ruhiger Athmung innerhalb 24 Stunden 10000 l = 10 cbm Luft auf. Im Jahre beträgt dieser Luftbedarf 3650000 l = 3650 cbm. Die Grösse dieser Zahl lässt uns bereits die hohe Bedeutung einer guten Luft für unsere Gesundheit erkennen.

Nach Brunner und Valentin sind enthalten

	in der eingeathmeten,	in der ausgeathmeten Luft
Stickstoff	79,02 Vol.	79,59 Vol.
Sauerstoff	20,94 „	16,03 „
Kohlensäure	0,04 „	4,38 „

Diese Zahlen zeigen, dass der Sauerstoffgehalt fast um 1/4 abgenommen, der Kohlensäuregehalt indess um das 100fache zugenommen hat, woraus ferner hervorgeht, dass durch die Athmung ein Zuströmen von Sauerstoff zum Blute stattgefunden hat, während umgekehrt ein Ausströmen von Kohlensäure aus dem Blute nach der Atmosphäre hin vor sich gegangen ist. Der Stickstoffgehalt ist fast unverändert geblieben.

Die Veränderungen der Zusammensetzung, welche die exspirirte

Luft gegenüber der Atmosphäre zeigt, ist die Folge des Oxydationsprocesses, eines eigentlichen Verbrennungsprocesses der organischen Atome des Körpers unter der Beihilfe der atmosphärischen Luft. Seine Endproducte sind zum Theile dieselben wie bei jeder Verbrennung, nämlich Kohlensäure, Stickstoff und Wasser, zum Theile solche Stoffe, welche als feste organische Bestandtheile mit dem Harn und Schweiss den Körper verlassen.

1. Der Sauerstoff der Luft gelangt durch die Athembewegungen in die Alveolen der Lunge und kommt hier auf dem Wege der Diffusion mit der Blutmasse in Berührung. Er wird vom Blute zum kleineren Theile einfach absorbirt, in der Hauptsache aber durch chemische Attraction gebunden; daher sind die von dem Blute aufgenommenen Volumina Sauerstoffs nicht proportional dem in der Atmosphäre vorhandenen Sauerstoffdruck, sondern dieselben sind bei selbst erheblich vermindertem Drucke nahezu gleich. Magnus' und L. Meyer's[1]) Versuche ergaben, dass die Eigenschaft, den Sauerstoff chemisch zu binden, den Blutkörperchen zugeschrieben werden muss, da bei gesteigertem Wassergehalte des Blutes die einfach absorbirte Sauerstoffmenge zunimmt, die chemisch gebundene abnimmt. Der Gehalt der Atmosphäre an Sauerstoff kann also wegen der hervorragenden Affinität der Blutkörperchen zu demselben in erheblichem Maasse abnehmen, ohne dass der Athmungsprocess unterbrochen oder gestört wird; allerdings giebt es gewisse Grenzen, welche nicht überschritten werden dürfen. W. Müller, Regnault und Reiset[2]) stimmen darin überein, dass eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre auf 14,8 % = etwa $^2/_3$ des Normalgehaltes ohne wesentlichen Einfluss auf den Athmungsprocess ist. Die Verminderung auf 7 % bringt indess heftige Athembeschwerden, auf 5 % Erstickungserscheinungen hervor. Die Herabsetzung auf 3 % wirkt bei Kaninchen tödtlich.

Neuere Untersuchungen von Laulanié[3]) haben zu ähnlichen Ergebnissen geführt. Es stellte sich heraus, dass der Athmungsmechanismus nicht alterirt wird, so lange die Sauerstoffspannung nicht unter 11—15 % gesunken, die Kohlensäurespannung erst über

---

1) Magnus, Poggendorf's Annalen, Bd. XL u. LXVI. L. Meyer, Henle und Pfeufer, Zeitschrift. N. F. Bd. 8.

2) W. Müller, Sitzungsbericht der mathem.-naturwiss. Klasse der Kaiserl. Academie der Wissensch. zu Wien, Bd. 33. Regnault und Reiset, Recherches chimiques sur la respiration. Paris 1849.

3) Laulanié, Archives de physiologie. Bd. VI, p. 845.

6—7 % gestiegen ist. Erst jenseits dieser Grenzen tritt eine Verminderung desselben ein.

Denken wir uns, dass ein thierischer Organismus in einem von luftdicht schliessenden Wänden umgebenen Raum seinen Athmungsprocess vollziehe, so wird in Folge der Affinität der Blutkörperchen der in dem Raume enthaltenen Luft aller Sauerstoff entzogen werden. Es wird indess nur so lange Kohlensäure abgegeben werden können, bis der Kohlensäuredruck des Luftraumes dem der Lungenluft gleich ist; ja es wird bei Ueberschuss des Kohlensäuredruckes in dem gegebenen Luftraume gegenüber dem der Lungenluft sogar dazu kommen, dass entsprechend den Druckverhältnissen Kohlensäure in das Lungenblut hineindiffundirt, statt aus demselben auszuströmen, so dass der Kohlensäurestrom sich umkehrt.

Dies physiologische Postulat ist durch das Experiment bestätigt. W. Müller hat nachgewiesen, dass die Lungen eines athmenden Thieres einen kleinen mit Sauerstoff erfüllten Athmungsraum (von 150—250 cbcm Inhalt), mit welchem sie in Verbindung gebracht waren und welcher stets den Druck der Atmosphäre zeigte, des Sauerstoffs vollständig durch die Respiration beraubten. Die Erklärung dieser Erscheinung liegt darin, dass die Kohlensäure in den Athmungsraum entwich und zwar so lange, bis die Kohlensäurespannung desselben der des Lungenblutes das Gleichgewicht hielt; da nun die Sauerstoffeinnahme dennoch nicht aufhörte, musste alsbald der Kohlensäuredruck im Luftraum grösser werden als der des Blutes, und es musste demgemäss Kohlensäure in das Blut zurücktreten. Als auch zu diesem Zeitpunkte die Sauerstoffeinnahme noch fortdauerte bis zum völligen Verschwinden desselben; so musste in Folge der fortwährend gesteigerten Kohlensäurespannung im Athmungsraume schliesslich sogar die ursprünglich ausgeathmete Kohlensäure ins Blut wieder aufgenommen werden. Der Vorgang dauert natürlich nur so lange, bis das Blut mit Kohlensäure gesättigt ist. Nehmen wir nicht einen kleinen Athmungsraum, sondern einen grösseren, so hört bei fortschreitendem Athmen allmählich die Abnahme der Luft im Athmungsraum auf, und es wird nunmehr so viel Kohlensäure ausgeathmet, als Sauerstoff aufgesogen wird. Dies tritt ein, wenn das Thier mehr Kohlensäure, als die Hälfte seines Volumens beträgt, zum Verschwinden gebracht hat; aber dann stirbt auch das Thier, wiewohl die geathmete Luft noch viel mehr Sauerstoff enthält als die atmosphärische; der Tod erfolgt an Kohlensäurevergiftung.

Allerdings wirkt auch eine erhebliche Verminderung des Sauerstoffs in der Athmungsluft gefährlich, ja sogar tödtlich. Dies hängt damit zusammen, dass die chemische Affinität der Blutkörperchen zum Sauerstoff nur so lange zur Geltung kommen kann, als die Dichtigkeit des Gases in der Lungenluft gross genug ist, um eine rasche Resorption seitens des Blutplasmas zu gestatten; denn die Blutkörperchen, welche ausschliesslich aus der Blutflüssigkeit den Sauerstoff aufnehmen, können nur dann zu letzterem gelangen, wenn die flüssigen Substanzen des Blutes dies Gas vorher absorbirt haben.

Die Athmungsluft des Menschen enthält allerdings unter ungünstigen Verhältnissen noch zwischen 14—18 % Sauerstoff, und es kann daraus geschlossen werden, dass der Sauerstoffdruck der Lunge immer stark genug ist, um dem Strom des Sauerstoffs in das Blut hinein die nöthige Geschwindigkeit zu geben; indess würde es sich von selbst verstehen, dass die deletären Wirkungen der Sauerstoffverminderung beim Athmen in geschlossenen Räumen auch hier nicht ausbleiben könnten [1]).

Regnault und Reiset haben ferner nachgewiesen, dass junge Thiere für die Gewichtseinheit mehr Sauerstoff verzehren als erwachsene, was allerdings für den Menschen noch nicht feststeht. Interessant zu wissen ist noch, dass der Sauerstoff der Atmosphäre von den Blutkörperchen ozonisirt wird und dadurch befähigt ist, bei der verhältnissmässig geringen Körpertemperatur intensive Oxydationsprocesse einzuleiten.

2. Kohlensäure. Die Ausscheidung derselben erfolgt nach den Gesetzen der Diffusion. Unter normalen Athmungsbedingungen entweicht die Kohlensäure aus dem Blute in die Lunge, weil die Spannung der Kohlensäure im Blute (d. h. die Kraft, mit welcher sich die Gasmoleküle abstossen) eine viele grössere ist als in der Luft der Lunge.

Die Kohlensäureausscheidung ist abhängig von der Athembewegung, der Lufttemperatur, der Nahrung, der Muskelthätigkeit und dem Lebensalter und, wie neuere Untersuchungen von Sondén und Tigerstedt ergeben, auch vom Geschlecht. Die absolute Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure wächst mit der Zahl der in der Zeiteinheit gemachten Athembewegungen, ferner mit der Tiefe derselben, gleiche Zahl der Athemzüge vorausgesetzt; sie nimmt ab

---

[1]) Ludwig, Lehrbuch der Physiologie, p. 519 u. 533.

mit der Beschränkung des in der Zeiteinheit überhaupt eingeathmeten Luftvolumens (lang verzögerte kleine Inspirationen).

So hat man beobachtet, dass die Kohlensäuremenge hauptsächlich während der Gesang- und Turnstunden gesteigert wird, eine Folge der vermehrten und vertieften Athmung. Ein dreizehnjähriger Knabe athmet z. B. während des Gesangunterrichts 17 l Kohlensäure pro Stunde aus, während diese Menge sonst im Durchschnitt 12 l beträgt.

Die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure steigt mit der Erniedrigung der Lufttemperatur und fällt mit der Erhöhung derselben; ersteres als Folge der lebhafteren Oxydationsvorgänge im Organismus bei herabgesetzter Temperatur. Die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure ist geringer bei Nahrungsentziehung; sie steht bei sich gleichbleibendem Körpergewicht in gleichem Verhältniss zu dem in der Nahrung aufgenommenen Kohlenstoff. Genuss von Amylaceen steigert, von Fleisch und Fett verringert sie, was aus der chemischen Zusammensetzung und den Oxydationsvorgängen dieser Stoffe resultirt. Sie ist am reichsten 2—3 Stunden nach der Nahrungsaufnahme. Die Kohlensäureausscheidung wird gesteigert durch Muskelthätigkeit, was mit der vermehrten Zahl und der Vertiefung der Athemzüge zusammenfällt. Ein erwachsener Mann athmet in 24 Stunden etwa 540 l Kohlensäure aus. Erwachsene Personen scheiden mehr Kohlensäure aus als Kinder. Berechnet man jedoch die ausgeschiedenen Mengen auf gleiches Körpergewicht, so stellt sich heraus, dass Kinder fast doppelt so viel Kohlensäure produciren als Erwachsene. v. Pettenkofer führt an, dass ein Knabe von 25 kg Gewicht vorzugsweise durch gesteigerte Respiration in einer Stunde ebensoviel Kohlensäure erzeugt und ausathmet wie ein Erwachsener von 50 kg.

Nach den neueren Untersuchungen von Sondén und Tigerstedt[1]) stellt sich heraus, dass die Kohlensäureabgabe im jugendlichen Alter bei männlichen Individuen beträchtlich grösser ist als bei weiblichen etwa desselben Alters und desselben Körpergewichts. Dies erklärt sich nach Annahme der Autoren daraus, dass männliche Individuen in der Regel eine im Verhältniss zum Körpergewicht grössere Muskelmasse haben als weibliche.

Folgende Zahlen illustriren diese für die Schulhygiene so überaus wichtige Thatsache:

---

[1]) Sondén und Tigerstedt, Untersuchungen über die Respiration und den Gesammtstoffwechsel der Menschen. Skandinav. Archiv f. Physiologie 1895. Bd. VI.



Individuen	Alter Jahre	Körper-gewicht kg	In 1 Stunde excernirte Kohlensäure g	Von 1 kg Körpergewicht in 1 Stunde excernirte Kohlensäure g	
Knabe	9¾	22,0	20,338	0,9245	Gorup-Besanez, Physiolog. Chemie (nach Lehmann)
Mädchen	10	23,0	19,162	0,8831	
Jüngling	16	57,75	34,280	0,5887	
Jungfrau	17	55,75	25,342	0,4546	
Mann	28	82,00	36,623	0,4466	
Mann	35	65,50	22,530	0,5119	
Knabe	8	22,26	18,3		Nach Andral und Gavaret
Jüngling	15	46,41	31,9		
Jüngling	20—24	65—68,8	44,7		
Mann	40—60	68,8—65,5	37,0		
Mädchen	10	23	—	0,8304	Scharling
Knabe	7	20,1	—	1,149	Sondén und Tigerstedt
Mädchen	7	21,8	—	1,133	
Knabe	9	27,5	—	1,207	
Mädchen	9	26,6	—	0,850	
Knabe	13—14	44,9	—	0,980	
Mädchen	14	44,3	—	0,661	

Uebersichtlich fassen Sondén und Tigerstedt das Ergebniss ihrer Untersuchungen folgendermassen zusammen:

Es beträgt die Kohlensäureabgabe:

Alter Jahre	CO_2 pro Individuum und Stunde Gramm	 Liter bei 0° und 760 mm
Männliche Individuen		
9½—12½	33,6	17,1
13½—19½	43,6	22,2
Weibliche Individuen		
8—10	23,6	12,0
11—18	28,0	14,2

wobei besonders zu beachten ist, dass gerade um das 13. Lebensjahr die Kohlensäureabgabe bei Knaben beträchtlich ansteigt und bis zum 19. Lebensjahr den hohen Werth behält (42—45 g), was bei Mädchen nicht in dem gleichen Maasse hervortritt.

Es möge ferner noch der Thatsache gedacht werden, dass, wenn auch die ausgeschiedene Kohlensäuremenge im Ganzen der absorbirten Sauerstoffmenge ungefähr gleich ist, dennoch etwas mehr

Sauerstoff verschwindet, als in der Kohlensäure ausgeathmet ist, und zwar ist nach Edwards und Despretz die zurückgehaltene Sauerstoffmenge bei jüngeren Thieren grösser als bei erwachsenen. Der Sauerstoff wird nämlich nicht allein zur Erzeugung der Kohlensäure, sondern auch zur Verbrennung des Wasserstoffs zu Wasser und zur Oxydation der Stickstoffkörper verbraucht.

In der Ausathmungsluft befinden sich ferner nach Regnault und Reiset noch Wasserstoff und Kohlenwasserstoff und Spuren von Ammoniak; endlich will Wiederhold in derselben noch Chlornatrium, Chlorammonium, Harnsäure, harnsaures Natron und harnsaures Ammoniak nachgewiesen haben, welche Stoffe, da sie meist nicht flüchtig sind, möglicherweise mechanisch bei der Exspiration mitgerissen werden.

Mit der Athemluft sollen auch nach den Untersuchungen von Brown-Séquard und d'Arsonval flüchtige Stoffe ausgeschieden werden, welche sich zwar durch üblen Geruch bemerkbar machen, deren Nachweis aber durch Analyse bisher noch nicht möglich war. Diese Ergebnisse, auf welche wir noch später eingehender zurückkommen, sind aber nicht ohne Widerspruch geblieben.

Die genannten Veränderungen sind indess nicht die einzigen, welche die Luft durch den Athmungsprocess erleidet. Die ausgeathmete Luft ist unter den gewöhnlichen Verhältnissen wärmer als die atmosphärische. Die eingeathmete Luft gleicht in der Lunge ihre Temperatur mit der der Lungenwand aus und thut dies natürlich um so leichter und rascher, je geringer von vornherein die Temperaturdifferenzen waren. Valentin giebt an, dass

bei — 6,3 ° C. eingeathmeter Luft die ausgeathmete auf + 29,8 ° C.,
„ + 17,5 ° C. „ „ „ „ „ + 37,25 ° C.

erwärmt wird. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur wird also die ausgeathmete Luft etwa auf die menschliche Blutwärme gebracht.

Mit dieser höheren Erwärmung der Exspirationsluft geht Hand in Hand

a) eine Steigerung des Wassergehaltes. Die ausgeathmete Luft ist reicher an Wasserdampf als die eingeathmete. Das Gewicht desselben schwankt nachweislich mit der Zahl der Athemzüge; es vermindert sich, wenn die Zahl der Athemzüge in der Minute über 6 steigt. Als Mittel giebt Valentin die Ausathmung der täglichen Wassermenge auf 375 g bei 54 kg Körpergewicht an; nach Vierordt werden 360 g Wasser täglich ausgeschieden.

Nach den Untersuchungen von **Sondén** und **Tigerstedt** ist das Verhältniss der CO_2-Abgabe zu derjenigen des Wassers in den verschiedenen jugendlichen Altersstufen und nach den Geschlechtern folgendes:

Alter Jahre	Wasserabgabe pro Stunde g	$CO_2 : H_2O$
	Männliche Individuen	
$9^1/_2$—$12^1/_2$	38	100 : 101
$13^1/_2$—17	45	100 : 103
	Weibliche Individuen	
8—13	33	100 : 133
13—18	37	100 : 130

b) eine anscheinende Volumenzunahme der ausgeathmeten Luft, allerdings nur eine anscheinende; denn berechnet man die Volumina auf dieselbe Temperatur und auf den trockenen Zustand, so stellt sich heraus, dass das Volumen der Exspirationsluft nicht grösser, sondern eher etwas kleiner geworden ist, dass also etwas weniger Luft ausgeathmet wird, als eingenommen worden ist, eine Erscheinung, deren Ursache wir oben schon kennen lernten.

Vergleichen wir die Quantitäten der einzelnen Bestandtheile bei der eingeathmeten und bei der ausgeathmeten trockenen Luft, so ergeben sich daraus die wichtigen Veränderungen, welche die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft in Folge der Athmung erfährt. Diese Veränderungen sind bedingt durch die Aufzehrung eines bedeutenden Theiles des Sauerstoffs, durch die Beimischung grosser Mengen von Kohlensäure, durch eine Steigerung des Gehaltes an Wasserdampf, durch die Beimischung kleiner Mengen von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff und Spuren von Chlornatrium, Chlorammonium, Harnsäure etc. und durch die Beimischung übelriechender, chemisch nicht nachweisbarer flüchtiger Substanzen. Aber die letztgenannten Factoren sind allesammt für die Entmischung der Atmosphäre von geringerer Bedeutung als die Aufzehrung des Sauerstoffs und die Verunreinigung durch die Kohlensäure.

Die Hautathmung[1]), im Gegensatz zu der als Respiration benannten Lungenathmung mit dem Namen Perspiration bezeichnet, ist

[1]) Kühne, Physiologische Chemie, p. 4.

noch nicht völlig aufgeklärt; nur darin herrscht Uebereinstimmung, dass die Haut Sauerstoff aufnimmt und Kohlensäure, Wasser und eine Reihe flüchtiger Substanzen abgiebt.

Wenn man die durch die Lunge ausgeschiedene Kohlensäuremenge = 1 setzt, so beträgt die von der Haut des Menschen ausgeschiedene Kohlensäuremenge nach Scharling 0,0089—0,002, nach Gerlach 0,0108.

Viel höher indess als die Kohlensäureabgabe ist die Wasserausscheidung durch die Haut zu veranschlagen, und zwar wird Wasser sowohl in Dampfform (als sog. Perspiratio insensibilis) wie auch tropfbarflüssig durch die Absonderung der in der Haut gelegenen Schweissdrüsen ausgeschieden.

Die Menge der Schweisssecretion ist nach Temperatur, Wassergehalt der umgebenden Atmosphäre, Körperbewegung u. s. w. vielfachen Schwankungen unterworfen.

Die Schweissabsonderung verunreinigt die Atmosphäre ferner durch eine Reihe flüchtiger Substanzen oft höchst übelriechender Natur. Diese gehören der Mehrzahl nach in die Reihe der flüchtigen Säuren; so ist Ameisensäure, Essigsäure, Caprol- und Caprylsäure, Propionsäure, Buttersäure, endlich auch eine stickstoffhaltige Säure, die von Favre genannte Schweisssäure in demselben nachgewiesen. Aus stagnirendem und sich zersetzendem Schweiss entweicht Ammoniak in die Atmosphäre.

Die Luftverderbniss hat ihre Ursache aber nicht allein in den erwähnten durch Lungenathmung, Hautathmung und Schweissabsonderung der Luft beigemengten schädlichen Substanzen, sondern man muss auch, wie sich aus einer Reihe von Experimenten ergiebt, annehmen, dass bei der Respiration und Perspiration schädliche organische Verunreinigungen (Selbstgifte, Toxine, Anthropotoxine) von höchst flüchtiger Natur den Körper verlassen. Zur Zeit kennt man diese Substanzen noch nicht genau, wie auch noch die Meinungen getheilt sind, ob in diesen Toxinen oder in dem Uebermaass der Kohlensäure oder in anderen Beimischungen der ausgeathmeten Luft die Schädlichkeit der letzteren liegt. So hat man auf die Versuche hingewiesen, nach welchen Thiere, deren Perspiration durch Ueberfirnissen der Haut unterdrückt worden ist, sehr bald und unter eigenthümlichen Erscheinungen zu Grunde gehen; wiewohl man nun die Todesursache in einer gleichzeitig eintretenden bedeutenden Erniedrigung der Körpertemperatur gefunden haben will (Laschkewitz), so ist doch die Annahme von dem Zurückbleiben gewisser

schädlicher Substanzen im Körper durch die Ueberfirnissung um so wahrscheinlicher (Baginsky[1]), Edenhuizen). Ferner sind nach Brown-Séquard und d'Arsonval[2]), welche diese flüchtigen Substanzen besonders studirten, in der ausgeathmeten Luft u. A. geringe Mengen organischer Substanzen vorhanden, welche entweder schon beim Ausathmen sich zersetzen oder doch grosse Neigung haben, schnell in Fäulniss überzugehen. In diesen Substanzen glauben diese Autoren auf Grund ihrer Versuche das schädliche Agens der ausgeathmeten Luft gefunden zu haben[3]).

Die Nachprüfung der Ergebnisse Brown-Séquard's und d'Arsonval's konnte diesen eine Bestätigung nicht erbringen. Beu[4]) kam auf Grund seiner Untersuchungen zu der Meinung, dass die gesundheitlichen Schädigungen weniger durch ein bestimmtes Gift als vielmehr durch die Wärme und die Feuchtigkeitsverhältnisse im Zusammenhang mit der Ausdünstung der Körperoberfläche und der Verdunstung des Auswurfs hervorgerufen werden. Rauer kam durch sorgfältige Nachprüfung zu dem Resultate, dass die Kohlensäure der ausgeathmeten Luft vollkommen ausreicht, alle jene Vergiftungserscheinungen zu erklären, welche bei derartigen Versuchen zur Beobachtung gekommen sind.

Alle bisherigen Untersuchungen berücksichtigt, ist zur Zeit noch nicht endgültig festgestellt, ob die Schädlichkeit der Ausathmungsluft in geschlossenen Räumen auf der Vermehrung des Gehaltes an ausgeathmeter Kohlensäure im Verein mit der Verminderung der

---

[1]) Baginsky, Centralblatt f. medic. Wissenschaften, 1870, Nr. 32.

[2]) Compt. rend. de l'Acad. des scienc., 1897, Bd. 108, p. 267.

[3]) Brown-Séquard et d'Arsonval verbanden eine Anzahl von kleinen, luftdicht abschliessenden Käfigen derart mit einander, dass sie die Menge der eingeführten frischen Luft genau zu bestimmen vermochten. Letztere trat ausschliesslich in den vordersten Käfig ein, strömte von Käfig zu Käfig und entwich aus dem letzten derselben. Als die Käfige mit Mäusen oder anderen kleineren Thieren besetzt wurden, gingen nach Verlauf einiger Tage die Thiere des letzten Käfigs ein, während die des vorderen Käfigs gesund blieben. Es war damit bewiesen, dass durch Athmung, Hautthätigkeit und die Abgangsstoffe der Thiere der Luft Gifte zugeführt wurden. Wenn bei diesem Versuch zwischen den einzelnen Käfigen Gefässe mit concentrirter Schwefelsäure eingeschaltet wurden, so gelang es, die Schädlichkeit der Luft aufzuheben. Brown-Séquard und d'Arsonval condensirten ferner ihre eigene Athmungsluft oder die anderer Personen und spritzten die so gewonnene Flüssigkeit Kaninchen unter die Haut ein, wodurch die characteristischen Vergiftungssymptome hervorgerufen wurden, nämlich: Erweiterung der Pupille, Verlangsamung der Respiration, Herabsetzung der Temperatur bis zu 5°, lähmungsartige Erscheinungen und Beschleunigung des Pulses (240—320 Schläge in der Minute). Sie injicirten ferner frische Flüssigkeit, welche aus der Luftröhre eines Hundes genommen war, einem Kaninchen, wonach heftige Krämpfe auftraten, ein fast völliger Stillstand der Athmungs- und Herzthätigkeit sich zeigte, und in weniger als einer Minute der Tod erfolgte.

[4]) Zeitschr. f. Hygiene, 1890, Bd. X, p. 367.

Sauerstoffmenge oder auf jenen flüchtigen Substanzen der Respiration und Perspiration oder endlich auf den veränderten Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen beruht, und ferner ob die Schädlichkeit durch einen oder durch mehrere dieser Factoren hervorgerufen wird.

2. Darmgase.

Die Verdauung der eingenommenen Nahrungsmittel geht unter normalen Verhältnissen schon im Magen und Dünndarm und zwar unter Gasbildung vor sich. Im Magen werden für 1 Volumen absorbirten Sauerstoffs 2 Volumina Kohlensäure gebildet; im Dünndarm entwickeln sich Kohlensäure und Wasserstoff etwa in gleichem Volumen; im Dickdarme, dessen Gase von Planer und Ruge genauer untersucht wurden, finden sich gewöhnlich Kohlensäure, Wasserstoff, Stickstoff, Gruben- oder Sumpfgas und zuweilen Schwefelwasserstoffgas, ausserdem jene übelriechenden Substanzen, welche den Fäces ihren Geruch geben und von denen das von Brieger dargestellte Scatol die bekannteste ist. Die Quantität der Gasbildung und ihre Mengenverhältnisse zu einander sind von der Beschaffenheit der aufgenommenen Nahrungsmittel abhängig; ebenso wirken pathologische Veränderungen, Störungen der Verdauung und krankhafte Absonderungen der Darmschleimhaut wesentlich auf ihre Entwickelung ein. Es kann auch vorkommen, dass die genannten Gase unter gewissen Verhältnissen aus dem Magen kommen und der Exspirationsluft beigemengt werden; so ist Grubengas und Wasserstoff von Regnault, Reiset und Voit in derselben aufgefunden worden. Selbst in der Perspirationsluft sind dieselben nachgewiesen worden, und man muss annehmen, dass sie von der Darmschleimhaut resorbirt und in die Blutmasse übergeführt worden sind [1]).

Gesammtathmung.

Ueberblicken wir nunmehr noch die Gesammtathmung des Menschen, so beträgt dieselbe im Durchschnitt in 24 Stunden etwa 10000 l = 10 cbm für den erwachsenen Menschen. Natürlich ist dieser Bedarf für die verschiedenen Individuen und unter den mannigfachen Verhältnissen grösseren Schwankungen unterworfen.

Nach Ranke wurden von einem gesunden Mann von 57 kg Körpergewicht bei normaler, nur durch den Appetit geregelter Er-

[1]) Kühne, Physiolog. Chemie, p. 156.

nährung, relativer Körperruhe und ruhiger gewöhnlicher Athmung innerhalb 24 Stunden 740 g Sauerstoff aufgenommen, während 891 g Kohlensäure ausgeschieden wurden. An einem Arbeitstage stieg die Sauerstoffaufnahme auf 1284 g. Bei einem anderen männlichen Individuum betrug die Kohlensäureausscheidung in 24 Stunden während des Hungerzustandes und ohne Arbeit 695 g, bei reichlicher Nahrungsaufnahme und ohne Arbeit 912—930 g und im Hungerzustande und bei 8stündiger starker Muskelarbeit 1187 g. Der erstere Arbeiter verlor ferner in 24 Stunden durch Haut- und Lungenathmung bei relativer Ruhe 828 g, am Arbeitstage aber 2042 g Wasser. Bei der Verdunstung von 1 g Wasser werden 0,57 Wärmeeinheiten [1]) latent; es werden demnach dem Körper bei einer Wasserabgabe von 828 g 828 . 0,57 = 471 Wärmeeinheiten und bei einer Abgabe von 2042 g 2042 . 0,57 = 1164 Wärmeeinheiten entzogen.

Nach Flügge producirt der Körper des Erwachsenen in 24 Stunden im Mittel 2400 Wärmeeinheiten, von denen ein kleiner Theil verwendet wird, um die aufgenommenen Speisen auf die Körpertemperatur zu bringen, der grössere Theil aber durch die Erwärmung der Athemluft und durch Wasserverdunstung an der Lungenoberfläche (200—400 Wärmeeinheiten), hauptsächlich jedoch durch Wärmeabgabe von der Haut (bis 2000 Wärmeeinheiten) verbraucht wird. „Die letztere überwiegend wichtige Abfuhr erfolgt theils durch Leitung, theils durch Strahlung, theils durch Wasserverdunstung. Diese drei Abfuhrwege können in der freien Atmosphäre sämmtlich ausserordentlich kräftig functioniren und jeder für sich den ganzen Wärmebetrag abführen. Andererseits aber kann es auch im Freien zu einem völligen Abschluss des einen oder des anderen oder sogar auch aller drei Wege kommen“ (Flügge).

3. Excremente.

Die Atmosphäre wird durch die Zersetzungsprocesse, welche die Abfälle der Verdauung und des menschlichen Stoffwechsels eingehen, insbesondere wenn diese längere Zeit in Abtrittsgruben stagniren, in bedeutendstem Maasse beeinflusst. Die von Erismann [2]) nach dieser Richtung hin angestellten Versuche haben zu ganz auf-

[1]) Eine Wärmeeinheit ist diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 g Wasser in seiner Temperatur um 1° C. zu erhöhen.
[2]) Erismann, Zeitschr. f. Biologie, Bd. XI.

fallenden und wichtigen Resultaten geführt. Es stellte sich heraus, dass die Excremente der Atmosphäre den Sauerstoff entziehen und dass sie dafür in dieselbe Kohlensäure, Ammoniak und geringe Mengen Schwefelwasserstoff entsenden; die Abgabe von Kohlensäure und Ammoniak ändert sich nicht sowohl mit der Menge der über die Excremente hinstreichenden atmosphärischen Luft, also der Ventilation, als vielmehr mit der Höhe der Lufttemperatur. Die Abgabe steigert sich bei mässiger Erhöhung der Temperatur

für die Kohlensäure um das 3fache,
für Ammoniak um das 2—3fache.

Die genauere Berechnung ergab, dass eine Abtrittsgrube mit 18 cbm Excrementen Inhalt in 24 Stunden

11,144 kg Kohlensäure,
2,040 „ Ammoniak,
33,3 g Schwefelwasserstoff

in die Atmosphäre entsendet.

Ausser diesen Gasen werden noch kohlenstoffhaltige, organische Substanzen der verschiedensten Zusammensetzung (Kohlenwasserstoffe, flüchtige Fettsäuren und vielleicht auch andere organische Verbindungen) in die Luft abgegeben. Wenn Erismann dieselben auf den einfachsten der Kohlenwasserstoffe, Sumpfgas = CH_4, berechnete, so ergab dieselbe Excrementmasse davon in 24 Stunden 7,464 kg. Es giebt also eine solche Abtrittsgrube an Stoffen, die im Ganzen als giftig zu bezeichnen sind, in 24 Stunden insgesammt 20,681 kg = 18,792 cbm = 18 792 l an die Atmosphäre ab.

In derselben Zeit sind aber ausserdem noch von den 18 cbm Excrementen = 13,85 kg Sauerstoff der Atmosphäre entzogen worden.

So erklärt es sich, warum der Aufenthalt in der Nähe von Abtrittsgruben mit stagnirenden Excrementen so gefährlich wird, warum die Senkgruben eine dauernde Quelle schwerer und bösartiger Krankheitsprocesse für das Menschengeschlecht werden, dessen Widerstandsfähigkeit gegen alle krankmachenden Potenzen durch diese von ihnen ausgehende Entmischung der Atmosphäre herabgesetzt wird.

4. Bodenluft.

Zu einer weiteren Quelle der Verderbniss der Atmosphäre kann die Luft des Erdbodens werden, den wir bewohnen. Seit v. Pettenkofer's Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Luft im

Boden ist man auf diesen mehr und mehr aufmerksam geworden und hat eine Reihe von Krankheiten mit deletären Veränderungen der Zusammensetzung der Luft im Boden in Verbindung gebracht, worüber bereits in dem Capitel vom Baugrund p. 61 ff. das Nähere mitgetheilt ist.

Zu erwähnen sind ferner die verschiedenen Gasarten, die den stagnirenden Gewässern und Sümpfen entstammen und die als Träger des Malariagiftes grosse Gefahren für Gesundheit und Leben mit sich bringen; aber die Schule wird unter diesen Schäden nur selten zu leiden haben, weil sie, wie schon p. 65 hervorgehoben wurde, dem Miasmaboden auf jede mögliche Weise auszuweichen und durch präcise Isolation des Gebäudes gegen den Boden die Einwirkung der Grundluft möglichst völlig auszuschliessen hat.

5. Die staubförmigen Bestandtheile der Atmosphäre.

Wo wir uns auch immer in der freien Luft bewegen, selbst da, wo wir eine anscheinend normal zusammengesetzte Atmosphäre athmen, finden wir dieselbe mit körperlichen Theilen vermischt und erfüllt; sind wir doch nicht im Stande, in unseren Zimmern bei geschlossenen Thüren und Fenstern uns vor Staub zu schützen, wie die staubbedeckten Kleider und Bücher, welche längere Zeit unberührt gewesen sind, beweisen.

Untersuchungen dieser staubförmigen Bestandtheile der Atmosphäre haben das Vorkommen der verschiedenartigsten Stoffe in buntem Gemisch ergeben. Man kann unterscheiden: 1. mineralische, 2. todte organische, 3. lebende organische Bestandtheile. Zu den mineralischen gehören: Sandkörnchen, Splitter von Gesteinen, scharfkantige Kohlentheilchen, welche der Rauch der Fabriken mit in die Luft bringt, scharfe Theilchen von Metallen u. s. w. Von den todten organischen Bestandtheilen findet man Fasern von Leinen, Baumwolle, Wolle, Stücke von Haaren und Federn, Theilchen von Pflanzen und Thieren. Zu den lebenden organischen Bestandtheilen sind zu zählen: Blüthenstaub und die kleinen Fortpflanzungszellen von Pilzen, Algen, Moosen und Flechten, die leichten Samen mancher Pflanzen und viele kleine Lebewesen (Mikroorganismen). Unter letzteren haben wir eine grosse Zahl von Arten, die unschädlich sind, dann diejenigen, welche Gährung und Fäulniss verursachen, aber auch eine Reihe der schädlichsten Infectionskeime.

Die Zusammensetzung des Staubes hängt zunächst von der Be-

schaffenheit des Ortes ab, von dem er stammt. Die mannigfaltigen Aenderungen, die auf der Erdoberfläche vor sich gehen, erzeugen Staub von den verschiedensten physikalischen und chemischen Eigenschaften. Sehr häufig wird nach Rubner Kochsalz gefunden, das offenbar mit dem Wasserdampf oder vom Winde von der Meeresoberfläche emporgerissen wird. Der Strassenstaub besteht aus mehr oder weniger grossen Körnchen und Splitterchen jener Gesteinsarten, aus denen das Pflaster, die Mauern, die Dächer bestehen, aus Sand, trockenen Excrementen, aus Kohlentheilchen, aus Partikelchen, die von der Abnutzung der Kleider herstammen, Stärkezellen, Eisentheilchen; die Pflanzenwelt liefert Staub, welcher Samen, Sporen, Keime und Pollen oder Pflanzendetritus und Zerfallsproducte enthält; das Thierreich giebt Staub, der aus Epithel, Eiterzellen, getrockneten Se- und Excreten, Partikelchen unveränderter, verwesender oder verwester Körpergewebe u. s. w. besteht (Rubner). Hierzu treten dann noch die Mikroorganismen.

Was den atmosphärischen Staub im Freien betrifft, so hat Ehrenberg[1]) das Vorhandensein einer Masse gepanzerter Infusorien (Bacillarien) darin nachgewiesen. Tissandier[2]), welcher in der Luft von Paris 6—23millig. Bestandtheilchen fester Substanz auf 1 cbm Luft nachwies, fand darin 66—75 % unorganische und 34 bis 25 % organische Theilchen; letztere bestanden zumeist aus Resten von Nahrungsmitteln und Pflanzensubstanzen, während Organismen nur in geringen Mengen vorhanden waren. Tyndall fand, dass der Luftstaub Londons und Manchesters vollständig verbrennbar war, also gänzlich aus organischer Masse bestand, was sich nach Ehrenberg aus dem reichen Gehalt der Luft dieser Städte an Kohlenpartikelchen (Russ) erklärt.

Der Strassenstaub gelangt in das Zimmer, indem er theils durch die geöffneten Thüren und Fenster oder durch die Spalten und kleinsten Oeffnungen, durch welche die Aussenluft Zutritt zu den Zimmern hat, eindringt, theils mit unserer Kleidung und an dem Schuhwerk mitgebracht wird. Aber auch in dem Zimmer wird Staub genug erzeugt und zwar durch die kleinsten abgestossenen Partikelchen aller derjenigen Körper, welche sich in der Wohnung befinden, durch die Abfallstäubchen der Handarbeit, durch die unverbrannt entweichenden

---

[1]) Uebersicht der seit 1847 fortgesetzten Untersuchungen über das von der Atmosphäre unsichtbar getragene reiche organische Leben. Berlin 1871.

[2]) Tissandier, Comptes rendus de l'Academie des sciences. Tome LXXVIII, 1874.

kleinsten Theilchen unserer Leuchtmaterialien, durch die abgestossenen Fäserchen unserer Kleidung u. s. w. Der Zimmerstaub wird in seiner Zusammensetzung dem Strassenstaub um so mehr verwandt sein, je reicher die Strassenluft direct in die Zimmer eingeführt wird und je weniger in den Wohnräumen Gegenstände vorhanden sind, welche eigenthümlicher chemischer Constitution sind und gleichsam ihre specifische Staubatmosphäre liefern. Es ist daher erklärlich, dass der Staub der Schulluft nur wenig verschieden ist von dem der Landstrasse, weil, abgesehen von den etwa mit den Kleidern und Schulbüchern aus dem elterlichen Hause miteingebrachten Staubtheilchen, alle übrigen körperlichen Beimischungen der Luft direct der äusseren freien Atmosphäre entstammen. Wenn wir daher vom Staub der freien Atmosphäre handeln, so können wir das Gefundene wohl einigermassen mit Recht direct auf den Schulstaub übertragen.

Grösse und Gewicht der Staubtheilchen sind sehr verschieden. Es sind hier zuerst solche Bestandtheile, die schon dem blossen Auge sichtbar sind. Sie werden nur bei stärkerem Winde aufgewirbelt, senken sich aber auch gleich wieder, sobald sich die Luft beruhigt hat. Die meisten Staubtheilchen sind jedoch dem Auge nicht sichtbar; darum scheint uns die Luft unserer Zimmer zumeist auch staubfrei zu sein. Wenn aber in einen etwas dunklen Raum ein Sonnenstrahl dringt, sieht man in diesem eine Unzahl feiner, in steter Bewegung befindlicher Theilchen, „Sonnenstäubchen“, die bei der geringsten Luftbewegung aufgewirbelt werden. Die Zahl der lebensfähigen Keime in der Luft ist nach Rubner wechselnd; namentlich hat Einfluss auf dieselbe die Luftbewegung und deren Intensität, weil durch dieselbe der Transport der Keime stattfindet, der Grad der Trockenheit, insofern dadurch das Zerstäuben ermöglicht wird, und die Temperatur.

In hygienischer Beziehung haben wir zwei Hauptgruppen zu unterscheiden: 1. mechanisch belästigende Staubtheilchen (erdige Theile, Pflanzenbestandtheile, Flitterchen von Geweben u. s. w.) und 2. infectiöse Staubbestandtheile. Während erstere durch die Masse schädlich werden können, werden letztere durch ihre Qualität gefährlich.

Von der ersten Gruppe wirken am schlimmsten die anorganischen mineralischen Staubtheilchen, wenn sie sich der Athmungsluft beimischen und in die tieferen Partien der Respirationsorgane eindringen. Sie verletzen die Schleimhaut der Athemwege und veranlassen katarrhalische Erkrankungen derselben, und nicht selten bereiten sie dadurch den bösartigen Infectionskrankheiten den Eingang

vor, auf welchem diese alsdann zur raschen, verderbenbringenden Entwickelung kommen. Jurisch nennt als Krankheiten, die durch die Luft vermittelt werden können, die chronischen Erkrankungen der Athmungsorgane und des Herzens, Augenkrankheiten, Hautkrankheiten, Zerstörung der Schleimhäute der Nase und des Rachens, der Zähne, Verdauungs- und Ernährungsstörungen. Zwar besitzen wir gegen diese Staubschädigungen einen Schutz in den Flimmerzellen der Schleimhäute unserer Athmungsorgane, aber diese Einrichtungen erweisen sich bei zu häufigem und zu langem Aufenthalt in staubhaltiger Luft als unzureichend.

Wenn auch die bis jetzt vorliegenden Angaben über das Vorkommen pathogener Keime in der Luft noch weiterer Feststellung bedürfen (Rubner), so ist es doch eine Thatsache, dass Krankheiten durch die Luft verbreitet werden können, wenn auch nicht in dem Umfange, wie man dies früher allgemein annahm (Kirchner). Von Cornet ist nachgewiesen, dass der Tuberkel-Bacillus, der sich im Auswurf an Lungentuberculose erkrankter Personen befindet, durch Eintrocknen und Verstäubung des Sputums sich der Luft beimengen und dadurch von anderen Personen eingeathmet werden kann. Ebenso werden auch die Wundinfectionskrankheiten, die Rose, die Eiterung, der Wundstarrkrampf und der Milzbrand, vielleicht auch Diphtherie und Typhus, durch die in der Luft enthaltenen Keime erzeugt. Allerdings ist diese Art der Uebertragung von Krankheiten durch die Luft gegenüber der eigentlichen Contactinfection immerhin nur selten und vielfach mehr vermuthet als sicher erwiesen[1]).

Hinzuweisen ist endlich noch auf die gasförmigen Verunreinigungen, welche den Werkstätten der Industrie und Technik entstammen, auf die grösseren oder geringeren Mengen von Dämpfen der Metalle und Metallverbindungen, von Chlor, Salzsäure, schwefliger Säure und Schwefelsäure, Kohlenwasserstoffen, Kohlenoxyd u. s. w.

So mannigfach auch die Quellen der Verderbniss unserer Atmosphäre sind, so ist doch auch die Möglichkeit des Ausgleiches vorhanden; die verunreinigenden Bestandtheile der Luft werden fortgeschafft durch den Athmungsprocess der chlorophyllhaltigen Pflanzen, der im Gegensatz steht zu dem der Thier- und Menschenwelt, da diese Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure ausscheiden, jene die Kohlensäure verzehren und Sauerstoff abgeben, durch die Nieder-

[1]) Siehe darüber auch die neuesten Untersuchungen von Neisser: Ueber Luftstaubinfection. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XXVII, 1898, p. 175.



schläge, die die Luft von dem überreichen Wasserdampf, von Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure, Schwefelsäure, Mikroorganismen und Staub befreien, durch verschiedene chemische Vorgänge, wie Bildung von kohlensauren Salzen u. s. w. Ausserdem wirkt auch die Luftbewegung, welche von 3 m in der Secunde („leichter Zug") sich bis zur Geschwindigkeit der „Orkane" von 40 m in der Secunde steigert, für die gleichmässige Vertheilung aller schädlichen Bestandtheile in der Atmosphäre. Es ist daher erklärlich, dass letztere im Grossen und Ganzen von ihrer normalen Beschaffenheit wenig abweicht.

c) Luft in Wohnhäusern und speciell in Schulen.

In geschlossenen Räumen kann der der Luft einmal entzogene Bestandtheil sich nicht wieder ersetzen, die hinzugekommene Verunreinigung nicht wieder entweichen. Hier kommen alsdann unter dem Einflusse der bisher angeführten Quellen der Luftverderbniss die Veränderungen der Luft in der That auch zur vollen Geltung. So würde denn in Räumen, die als absolut geschlossene angesehen werden müssen, der Aufenthalt dem Menschen höchst gefährlich werden und nur dann möglich sein, wenn die Räume so kolossal wären, um den Ueberschuss des Kohlensäuredruckes sowohl als den Mangel an Sauerstoff unmöglich zu machen; ganz besonders würde der Ueberschuss der Kohlensäure zu fürchten sein, da sich dieses Gas insofern als ein vehement giftiges ergiebt, weil durch die Ueberladung des Blutes mit demselben der Tod durch Narkose herbeigeführt wird. Und doch ist ja der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre nicht die einzige Schädlichkeit; ist doch von Leblanc sogar angegeben worden, dass ein Kohlensäuregehalt der Luft von 30 %, für einige Minuten geathmet, dem Leben nicht gefährlich wird, wenn anders die Luft nicht mit anderen giftigen Stoffen erfüllt und sonst rein zu nennen ist. In geschlossenen Räumen würde indess ebenso die Wasserverdunstung verhindert, die Wärmeabgabe beschränkt, als auch die Entfernung jener flüchtigen, der Perspiration angehörigen Säuren aus dem Körper unmöglich sein. Käme nun noch die Luftverderbniss durch Beleuchtungsmaterialien, durch excrementielle Absonderungen hinzu, so leuchtet ein, dass es unendlich schwer wäre, das Leben zu unterhalten. — Alle diese Betrachtungen auf der einen Seite, die Erfahrung auf der anderen Seite, dass wir in unseren Wohnungen doch leben und leidlich gut existiren

können, mussten darauf hinführen, dass unsere Wohnhäuser weit entfernt davon sind geschlossene Räume im Sinne des physiologischen Experimentes zu sein. — Wie wenig sie es sind, wie sehr wir in unseren Wohnhäusern in steter Communication sind mit der äusseren Atmosphäre, dies bis zur Evidenz erwiesen zu haben, ist das grosse Verdienst v. Pettenkofer's, welcher durch seine genialen Untersuchungen in das ganze Gebiet des Luftwechsels in unseren Wohnhäusern erst Klarheit gebracht hat. Alles, was seither nach dieser Richtung gearbeitet worden ist, hat die von v. Pettenkofer festgestellten Ergebnisse bestätigt und erweitert.

So sicher auch auf der einen Seite der Gasaustausch der Binnenluft des Zimmers mit dem der Aussenluft damit erwiesen ist, so leuchtet aus den genannten Zahlen indess sofort ein, dass wir die Wohnung als einen Raum zu betrachten haben, in welchem der Ausgleich der Luftveränderungen weitaus schwieriger vor sich geht als in der freien Atmosphäre. Auf dieses Moment kommt es uns aber hier lediglich an, weil daraus hervorgeht, dass alle jene Ursachen der Luftveränderung, welche oben angeführt worden sind, wenn sie in diesen zwar nicht im strengen Sinne des physikalischen Experimentes geschlossenen, aber auch nicht freien Räumen zur Geltung kommen, weit nachhaltiger wirksam werden. Sicherlich wird die Athmungsluft des Menschen die Luft des Zimmers nicht verderben bis zur Möglichkeit einer tödtlich wirkenden Kohlensäureintoxication oder des absoluten Sauerstoffmangels, aber es leuchtet ein, dass in demselben Maasse, wie der Luftwechsel zwischen Zimmerluft und Luft im Freien geringer ist, die Menge der abgegebenen, luftverderbenden Gase, und somit im Allgemeinen die Verschlechterung der Zimmerluft zunehmen wird. Das richtige Verhältniss zwischen beiden wird sich um so schwieriger herstellen lassen, je grösser die Menge der luftverderbenden Einflüsse ist, und da wir gerade im Athmungsprocesse der Menschen einen der hervorragendsten von allen diesen Einflüssen entdeckt haben, so können wir sagen, dass die Schwierigkeit wächst mit der Anzahl von Menschen, welche in einem Raume zu athmen haben. Demgemäss wird es gewiss schwer werden, gerade im Schulzimmer die Luft so zu erhalten, wie sie normal zusammengesetzt sein müsste. — So werden wir darauf hingewiesen, diejenigen Schädlichkeiten, welche in bewohnten Räumen und speciell noch in Schulen zur Geltung kommen können, nochmals ins Auge zu fassen.

1. Für die Athmung hat v. Pettenkofer folgende Berechnung

aufgestellt: Ein Mensch von mittlerer Grösse scheidet durchschnittlich in 1 Minute 5 l Luft aus, in 1 Stunde 300 l = 1/3 cbm; dieselben enthalten 12 l Kohlensäure. Es würde sonach ein Mensch (Kind dem Erwachsenen gleich) in 24 Stunden 288 l Kohlensäure ausscheiden. Hierbei ist die durch Perspiration ausgeschiedene Kohlensäure nicht mitgerechnet. Ausser der Ausscheidung von Kohlensäure findet nun jene zwar unbedeutende, aber für die Verderbniss der Athmungsluft nicht gleichgültige Ausscheidung anderer zum Theil irrespirabler Gase, wie Wasserstoff, Kohlenwasserstoff u. s. w., statt.

Ueber die organischen Beimischungen der Ausathmungsluft lässt sich kaum mehr sagen, als dass dieselben in erster Linie die Verschlechterung der Luft in geschlossenen Räumen bedingen; ob dies nun geschieht auf dem Wege, welchen Artmann angiebt, nämlich der Ozonvertilgung, da das Ozon in stetem Gegensatze zu den organischen Zersetzungsproducten steht, oder ob sie es thun, indem sie in specifischer Weise giftig auf unsere Lungen oder auf die Gesammtmasse unseres Blutes einwirken, ist vorerst nicht zu bestimmen. v. Pettenkofer sucht den Nachtheil, welchen sie schaffen mögen, nicht sowohl darin, dass sie als heftiges Gift zur Geltung kommen und specifische Krankheiten erzeugen, vielmehr sollen sie langsam die Widerstandsfähigkeit gesunder Menschen gegen krankmachende Potenzen aller Art untergraben. Die Aerzte werden dieser Ansicht beipflichten; denn die Schar von Kellerbewohnern, welche alljährlich den verschiedensten Krankheiten zum Opfer fällt, stellt ebensowohl das höchste Contingent zur Scrophulose und Rachitis, wie zu den verderblichen contagiösen Krankheiten, wie Typhus, Diphtherie u. a. Langsam, aber mit erschreckender Sicherheit sieht man namentlich die chronischen constitutionellen Krankheiten, die eigentlichen und echten, mit Erdfahle der Haut und mit schweren Erkrankungen der Athmungs- und der Verdauungsorgane einhergehenden Blutkrankheiten bei den in schlecht oder gar nicht ventilirten Kellerräumen wohnenden Kindern des Proletariats entstehen.

2. Die künstliche Beleuchtung in unseren Wohnungen und speciell in den Schulen ist als eine weitere Quelle der Luftverderbniss anzusehen. (Siehe darüber bei der künstlichen Beleuchtung p. 315.) Zwar können Petroleumlampen, wenn sie nicht ordentlich sauber gehalten sind, und Leuchtgas, welches aus undichten Leitungen strömt, die Zimmerluft verunreinigen, aber in weit bedeutenderem Maasse geschieht dies durch die Verbrennung selber. Die durch diese erzeugten Producte sind verschieden nach dem Material der Leucht-

stoffe, nach der Construction der Beleuchtungsapparate und nach der Intensität der Beleuchtung, und sie bestehen aus Kohlensäure, Wasser, Kohlenwasserstoffen, geringen Mengen von Kohlenoxyd, schwefliger Säure u. s. w. Wie schon ausgeführt, werden solche schädlichen Verbrennungsproducte, die sich der Luft beimengen, nur von einem Theile der künstlichen Lichtquellen geliefert, während elektrisches Licht fast keine Verbrennungsproducte erzeugt und auch für Gaslicht solche Lampen zur Verwendung kommen, welche die Verbrennungsproducte sogleich aus dem Zimmer abführen. Die künstliche Beleuchtung trägt zur Luftverschlechterung ferner dadurch bei, dass sie der Zimmerluft Sauerstoff entzieht. Da dies aber nur geringe Mengen sind, so ist dieser Umstand in hygienischer Beziehung von keiner grossen Bedeutung. Endlich wäre noch auf die Temperatursteigerung hinzuweisen, die durch die künstliche Beleuchtung in geschlossenen Räumen herbeigeführt wird, und die weniger direct, aber mehr indirect zur Verschlechterung der Zimmerluft beitragen kann.

3. Die Heizung der bewohnten Räume, einerseits, wie wir sehen werden, eine wichtige Quelle der reinigenden Luftbewegung, vermag auch andererseits den Luftraum unserer Wohnungen mit verderblichen Gasen zu erfüllen. Die giftige Wirkung zurückströmender Gase, welche den Zwischenstufen der Verbrennung angehören, wie des Kohlenoxydes, ist bekannt; sie ist von Bedeutung, selbst wenn Deville's Annahme, dass das Kohlenoxyd durch glühend gewordene Metallplatten hindurchdringe, nicht so weit zutrifft, wie er angenommen hat, da doch auch v. Pettenkofer darauf hinweist, dass die Möglichkeit, dass Kohlenoxyd durch die Poren unserer Kachelöfen dringe, ausser Zweifel sei. (Weiteres über Kohlenoxyd s. Capitel: Heizung.) — Nicht wegzuleugnen ist weiterhin die Luftverderbniss, welche durch Verbrennung von organischen Staubtheilchen in geschlossenen Räumen gelegentlich der Heizung erzeugt wird; sie nähert sich in ihrem Endeffect vollständig derjenigen, welche wir bei den Beleuchtungsmaterialien kennen gelernt haben. — Abgesehen aber von diesen directen Schädlichkeiten wirkt die Heizung noch dadurch zuweilen luftverderbend, dass die geheizten Räume, den mit verdünnter Luft erfüllten Glocken gleichend, eine gewisse Saugkraft auf die kalte Bodenluft ausüben; die Fälle, dass solchermassen Leuchtgas aus dem Boden angezogen und in die Wohnungen geführt wird, sind zwar in die Augen fallend und als Paradigmen wichtig, viel wichtiger aber ist die allgemeinere Schlussfolge, dass wir ganz in derselben Weise jedes andere Gas, welches in dem

Boden, den wir bewohnen, oder in anstossenden Räumen vorhanden ist, in unsere anscheinend geschlossenen Räume hineinsaugen. Forster[1]) hat, wie oben schon erwähnt, den Beweis geführt, dass wir mit dem Boden unter uns durch die Luft in einem steten und unmittelbaren Verkehr stehen, und dass unter Umständen gewisse unbekannte Vorgänge im Boden durch die Vermittelung der Luft auf uns einwirken können (s. Bodenluft p. 61 u. 72). Ferner hat alles, was über die Gasexhalationen aus den Senkgruben gesagt ist, für die bewohnten Räume gleichfalls Geltung; darum haben wir allen Anlass, von unseren Wohnhäusern sowohl wie ganz besonders von unseren Schulen diese Schädlichkeiten durch die ausgesuchteste Reinlichkeit der Umgebung der Wohn- und Schulräume und durch die bereits bezeichneten Isolirungen und Unterkellerungen fernzuhalten, also die Communication mit dem Boden möglichst auszuschliessen.

4. Weitere Gefahren für die Luft unserer Wohnungen und unserer Schulen bieten die in beiden aufgehäuften Kleidungsstücke. An und für sich durchaus nicht die Quellen der Verunreinigung, werden sie es durch die ihnen eigenthümlichen Eigenschaften der Porosität und Hygroskopik. Von einem durch die Wärme unseres Körpers in Bewegung gebrachten, dauernden Luftstrom durchweht, imprägniren sie sich, wie v. Pettenkofer nachweist, sowohl mit den von der Haut ausströmenden Gasen als auch mit den von dem Luftstrom ihnen zugeführten Staubtheilchen der Atmosphäre und werden nun zu Trägern ganzer Haufen differenter und schädlicher Substanzen. Indem die Kleidungsstücke das aus unserem Körper ausschwitzende Wasser (Schweiss) und das zu ihnen gelangende meteorische Wasser (Regen u. s. w.) aufnehmen, haben sie andererseits die Fähigkeit, dasselbe unter geeigneten Temperaturverhältnissen der Atmosphäre wieder abzugeben, und so kann es kommen, dass sie, in grösseren Mengen auf beschränktem Raume zusammengetragen, die Luft desselben mit überaus schädlichen, der Gesundheit nachtheiligen Substanzen erfüllen, zu schweigen wieder von jenen geheimnissvollen Schädlichkeiten, den Contagien, welchen sie in überaus gefährlicher Weise als Transportmittel dienen. Die Geschichte der Seuchen ist erfüllt mit Thatsachen, welche die Uebertragung durch Kleidungsstücke aufs klarste erweisen. Daher ist bei

---

[1]) Forster, Zeitschrift für Biologie, Bd. XI. Untersuchungen über Zusammenhang der Luft in Boden und Wohnung.

Einrichtung von Schulgebäuden von vornherein die Aufmerksamkeit dahin gerichtet gewesen, den im Schulzimmer nicht nothwendigen Kleidungsstücken der Kinder den Platz nicht in diesen Räumen, sondern ausserhalb derselben anzuweisen (s. Corridore und Garderobenräume, p. 183). Ferner muss auch besondere Sorgfalt auf die Entfernung dieser schädlich wirkenden Agentien durch eine zweckmässige Ventilation verwendet werden.

5. Es erübrigt noch, von dem luftverderbenden Einfluss zu sprechen, welcher von den Wänden, Fussböden und Decken unserer Wohnhäuser unter Umständen ausgehen kann. Dieselbe Eigenschaft, welche das Baumaterial unserer Wände befähigt, die anscheinend geschlossenen Räume ihrer Gesundheits- und Lebensgefährlichkeit zu berauben, nämlich ihre Porosität, bedingt auf der anderen Seite ihre Gefährlichkeit. Dieselben Poren, welche der Luft den Durchgang gestatten, gewähren ihn ebenfalls, wenn auch schwieriger, dem Wasser; so ist die Möglichkeit gegeben, dass die Wände unserer Wohngebäude sich mit Wasser imprägniren. Die Gesundheitsschädlichkeit der Neubauten ist bekannt; in ihnen entwickelt sich zunächst die ganze Gruppe der Erkältungskrankheiten, vom Bronchialkatarrh und Rheumatismus angefangen bis zu den schwersten Formen chronisch entzündlicher Processe, welche in allen Theilen des menschlichen Körpers vorkommen können. Sprichwörtlich ist das Elend jenes niedersten Proletariats, der sogen. Trockenwohner, welche neben dem Mangel an Nahrungsmitteln auf Kosten ihres Lebens und ihrer Gesundheit sich dazu hergeben, die anscheinend billigen Wohnungen der feuchten Neubauten mit ihren eigenen Leibern trocken zu heizen. Die Kinder aber müssen wir so weit als irgend möglich frei machen von dem Drucke dieses Unverstandes; wenigstens von der Schule müssen wir die Schädlichkeiten fernhalten, welche von den Wänden der Gebäude ausgehen.

Die Ursachen für die Feuchtigkeit eines Gebäudes sind die Feuchtigkeit des Baugrundes, die Verwendung feuchten und stark hygroskopischen Baumaterials und die Methode, wie wir bauen (s. Cap.: Baugrund, Schulhausbau).

Durch die Wände, Decken und Fussböden kann unreine Luft aus Nebenräumen, wie Aborten, Kellern, Corridoren, Garderoberäumen, in die Zimmer strömen, ein Umstand, der auf der verschiedenen Temperatur der Zimmerluft und der Luft in den betreffenden Räumen beruht.

Ferner können Zersetzungsvorgänge in unreinem Füllmaterial

von Decken und Fussböden eintreten und die dabei entstehenden Gase sich der Zimmerluft beimischen, ebenso wie derartige Verunreinigungen durch Wucherungen des Hausschwammes entstehen können.

Neben den gasförmigen Verunreinigungen der Luft wirken aber auch die staubförmigen in schädlicher Weise auf die Gesundheit der Schüler. Zunächst sind es die gröberen Staubtheilchen, denen eine mechanische Wirkung gemeinsam ist; sie reizen, verletzen und verwunden namentlich die zarten Schleimhäute der Luftwege und des Auges; sie führen zur Entzündung, die bei stetig sich wiederholenden Reizen chronisch werden kann, und bereiten dadurch den Krankheitskeimen den Boden vor, auf dem diese wurzeln und gedeihen können. Am gefährlichsten sind in dieser Beziehung die mineralischen Staubarten mit ihren scharfen Kanten und Spitzen. Es ist natürlich, dass die Lehrer, die in dieser staubreichen Luft fortdauernd sprechen müssen, häufig an Katarrhen der Luftwege leiden. Schmidt-Rimpler führt auch die grosse Zahl von Bindehautentzündungen, die er bei Schülern der höheren Lehranstalten Hessen-Nassau's fand, auf die Staubwirkung zurück. Der organische Staub nimmt begierig Sauerstoff auf und entzieht dadurch der Luft diesen wichtigen Bestandtheil.

In der Luft des Schulzimmers sind auch zahlreiche Mikroorganismen vorhanden. Hesse fand in 1 cbm Luft des Schulzimmers vor Beginn des Unterrichts 2000, während der Lehrstunden 16 500 und am Schlusse derselben 35 000 Keime. Zu denselben Ergebnissen kam auch Meyrich durch seine im hygienischen Institut der Universität Leipzig ausgeführten Untersuchungen. Ferner sind auch die Versuche darauf gerichtet worden, die Schwankungen des Bacteriengehaltes im Verlaufe der Schulstunden festzustellen. Nach Kotelmann's Mittheilungen liess Ignatieff in einem Moskauer Gymnasium durch eine mit Fleischpeptongelatine ausgekleidete Glasröhre in einer Stunde 2 l Luft strömen, und es wurden an Bacterienkolonien konstatirt: vor Beginn des Unterrichts Morgens um 8 Uhr 38, vor der grossen Pause um 12 Uhr 6, nach derselben 78 und vor dem Verlassen der Schule durch die Gymnasiasten 8. Es zeigt sich also, dass die Zahl der Keime am grössten ist, wenn der Staub im Zimmer während der Pausen und vor Beginn des Unterrichts aufgewirbelt ist, am kleinsten dagegen, wenn der Staub während der Stunden zur Ruhe gekommen ist. Die Zahl der in der Schulzimmerluft enthaltenen Keime ist weiter abhängig von der Beschaffenheit und

Sauberkeit der Schulgebäude, von der Art der Lüftung und von dem Alter der Schüler. Neue und saubere Klassen enthielten 85, alte und unsaubere 139 Keime in 1 l Luft; in Lehranstalten mit künstlicher Ventilation fanden sich 18,5, in solchen mit bloss natürlicher Lüftung 27,8 Keime in dem gleichen Luftquantum; bei den ganz kleinen Schülern wurden 167, in Klasse VI 146, in V 106, in IV 76, in III 69, in II 68, in I 51 Keime in 1 l Luft gezählt.

Bezüglich der verschiedenen Arten von Mikroorganismen, die in der Schulluft vorkommen, berichtet Erismann, dass sich vorfanden: Schimmelpilze in grosser Zahl (Aspergillus niger, Aspergillus flavescens, Penicillium glaucum u. s. w.), chromogene Bacterien (in der Regel Sarcina lutea oder aurantiaca) und andere, darunter solche, welche mehr oder weniger rasch die Gelatine verflüssigen. Die meisten dieser Pilze sind nicht krankheitserregend im engeren Sinne; aber je grösser ihre Zahl ist, um so leichter können pathogene Keime (Tuberkelbacillen, Diphtheritisbacillen, die Pneumococcen, Staphylococcen, Streptococcen) darunter vorkommen.

d) Grenze der Luftverschlechterung.

Wann ist die Luft in unseren bewohnten Räumen und speciell in den Schulen schlecht und ungesund zu nennen?

Die allgemeinste Antwort auf diese Frage ist unzweifelhaft die, dass jede Luft, welche sich in ihrer Zusammensetzung wesentlich von der atmosphärischen unterscheidet, schlecht ist, und zwar in dem Grade schlechter, in welchem sie sich von dieser unterscheidet. Sonach sollte man meinen, dass nichts leichter sei als die Entscheidung darüber, was gute und schlechte Luft sei; denn man bedürfe nur, da der eine bestimmte Maassstab ja gegeben sei, einer Reihe chemischer Untersuchungen, um über die Beschaffenheit der Luft eines bewohnten Raumes ins Klare zu kommen. Dies wäre richtig, wenn die Chemie im Stande wäre, alles dasjenige, was unsere fein veranlagten Sinnesnerven, insbesondere die Geruchsnerven, in der Luft wahrnehmen, nachzuweisen und in Zahlengrössen auszudrücken. Wie gross aber die Ansprüche sind, welche nach dieser Richtung hin seitens unseres Geruchsorganes an die Wissenschaft gestellt werden, wird jeder erkennen, der sich erinnert, dass von den Geruchsnerven $^1/_{2000000}$ eines spirituösen Moschusextraktes noch wahrgenommen werden kann und dass, wenn mehrere Stoffe gleichzeitig auf unsere Geruchsnerven einwirken, das Unterscheidungs-

vermögen so weit geht, bei Anwesenheit von 0,0016 mg Brom und von 0,00005 mg Rosenöl dieselben herauszuerkennen.

Soweit die analytische Chemie im Laufe der Jahre sich auch entwickelt hat, ist sie nicht im Stande gewesen, die organischen, in feinster Vertheilung und in geringfügiger Menge in der Luft vorhandenen Körper nachzuweisen, noch viel weniger vermag sie die Quantität der Stoffe zu bestimmen, welche unser Geruchsorgan schon afficiren und die Athemluft schlecht erscheinen lassen. Daher suchte man dasjenige, was man direct nachzuweisen nicht im Stande war, auf indirectem Wege zu bestimmen.

v. Pettenkofer nahm unter solchen Umständen den Kohlensäuregehalt einer Luft, in welcher nur die anwesenden athmenden Menschen als die Quellen der Kohlensäureproduction wirkten, als den Maassstab für die Beschaffenheit der Luft; dabei ging er von der Voraussetzung aus, dass unter Annahme der gestellten Bedingung sowohl der Gehalt der Luft an Wasser, als auch ganz besonders an organischen Stoffen proportional dem Kohlensäuregehalt sein müsse; der Wassergehalt ist allerdings in sofern ein unsicherer Factor, als die Atmosphäre selbst überaus schwankende Wassermengen enthält, und auch die hygroskopische Beschaffenheit aller der Körper, welche im Wohnraume des Menschen denselben umgeben, viel dazu beiträgt, denselben abzuändern. v. Pettenkofer selbst verwahrte sich dagegen, in dem Kohlensäuregehalt der Luft allein das Schädliche der verdorbenen Luft betrachten zu wollen, derselbe sollte nur den Maassstab abgeben für die übrigen Schädlichkeiten, speciell also für die organischen luftverderbenden Beimischungen der Wohnungsluft. Aus einer Reihe empirischer Bestimmungen gelangte er zu der Ueberzeugung, dass uns keine Luft behaglich ist, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen (es dürfen, um dies nochmals zu wiederholen, keine anderen Quellen der Kohlensäureproduction vorhanden sein) mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält; somit glaubte er es aussprechen zu dürfen, dass jede Luft in bewohnten Räumen schlecht und für den beständigen Aufenthalt untauglich sei, welche in Folge der Anwesenheit der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält.

Von den Kohlensäurebestimmungen v. Pettenkofer's führen wir besonders die im Liebig'schen Hörsaale in München gemachten an. Der Saal, welcher 46000 Cubikfuss Raum hat und für 250 Zuhörer berechnet ist, war gedrängt voll und enthielt wohl über 300 Zuhörer.

Am 21. März 1857 zeigte die Luft des Hörsaales um

6 Uhr	. . . .	1,08 p. m. Kohlensäure
6° 30′	. . . .	2,26 „ „ „
7°	. . . . .	3,22 „ „ „

Die Luft war überaus drückend und unangenehm geworden. So fand sich auch in der Luft eines stark besuchten Kneipzimmers 3,8—4,9 p. m. Kohlensäure; in einem Schulzimmer von 1000 Cubikfuss Raum bei 70 Schülerinnen von 7—10 Jahren nach 2 Stunden 7,2 p. m.; in 5 nicht ventilirten Schulzimmern 2,3—4,9 p. m.; in 5 künstlich ventilirten Schulzimmern 1,1—1,5 p. m. Kohlensäure.

Seither sind dann von einer grösseren Reihe von Autoren Veröffentlichungen über die Mengen Kohlensäure in bewohnten und namentlich von vielen Menschen besuchten Räumen gemacht worden. Roscoe[1]), welcher fast gleichzeitig mit v. Pettenkofer arbeitete, kommt im Wesentlichen auf dieselben, von jenem gefundenen Resultate hinaus; auch er glaubt, dass man in Ermangelung einer Möglichkeit, die fauligen Stoffe in der Atmosphäre zu bestimmen, sich an die Kohlensäure zu halten habe; doch hielt er es nicht für möglich, die Luft in bewohnten Räumen so zu erhalten, dass sie der Atmosphäre gleiche, dass sie also 4:10000 Kohlensäuregehalt habe. Nach seinen Messungen hatte

ein grosses Schulzimmer von
22140 Cub.′ Inhalt bei Anwesenheit v. 164 Pers. 2,371 Kohlensäure
ein anderes von
4640 Cub.′ Inhalt bei Anwesenheit v. 70 Pers. 3,305 Kohlensäure
desgleichen von
4640 Cub.′ Inhalt bei Anwesenheit v. 70 Pers. 2,400 Kohlensäure
} in 1000 Luft.

Baring[2]), welcher die Schulen in Celle auf ihren Kohlensäuregehalt untersuchte, fand in den Klassen der Volksschulen meist über 9 p. m., in einer sogar über 12 p. m., während die Luft in den Klassen der Gymnasien 2—5 p. m. enthielt.

Breiting[3]) untersuchte die Luft in den Schulen Basels auf ihren Kohlensäuregehalt und fand in einem Versuche folgende Zahlen:

---

[1]) Henry E. Roscoe, l. c. p. 206.
[2]) Baring, l. c. p. 4 u. 6.
[3]) Carl Breiting, Luft in Schulzimmern.

Zeit der Messung		Kohlensäuregehalt
Vormittags	$^{3}/_{4}$8 vor Beginn . . .	2,21 ‰
„	8 bei Beginn	2,48 „
„	9 Ende der Stunde .	4,80 „
„	9 nach der Pause . .	4,70 „
„	10 vor der Pause . .	6,87 „
„	10 nach der Pause . .	6,23 „
„	11 Ende der Stunde .	8,11 „
„	11 im leeren Zimmer .	7,30 „
Nachmittags	$^{3}/_{4}$2 vor der Stunde . .	5,20 „
„	2 Beginn der Stunde	5,52 „
„	3 vor der Pause . .	7,60 „
„	3 nach der Pause .	6,46 „
„	4 Ende der Stunde .	9,36 „
„	4 im leeren Zimmer .	5,72 „

berechnet unter Benutzung einer Reductionstabelle, enthaltend die Gewichte von 1 cbcm Kohlensäure bei 0° C. und 760 mm Druck.

Es ergab sich hieraus, dass mit jeder Stunde Unterricht der Kohlensäuregehalt beträchtlich stieg, dass er nach der Freipause etwas abnahm, dass er in der freien Zeit von 11—2 Uhr wieder beträchtlich sank, um dann wieder mit jeder Stunde aufzusteigen. In der Pause von 10 Uhr und in der von 3 Uhr hatten viele Schüler das Zimmer verlassen; zwischen 3 und 4 Uhr war Singstunde; nach 4 Uhr waren das Fenster und die gegenüberliegende Thür für eine kurze Zeit geöffnet worden. Das untersuchte Zimmer hatte 64 anwesende Schüler und 251,61 cbm Inhalt; auf 1 Schüler kamen 3,70 cbm.

Die Gesammtheit der Untersuchungen ergab folgende Tabelle:

Localität und Bedingungen der Experimente	Mittel aller Temperaturdifferenzen	Höchste Temperatur im Zimmer	Zahl der Kinder	Maximalzahl der beobachteten Kohlensäure p. m.	Kohlensäuregehalt Morgens beim Eintritt ins leere Zimmer
1. Luftgässlein I. Klasse. Keine Ventilation. Vorfenster und Fenster zu.	11,5° C.	13° C.	69	8,66	2,00
2. Luftgässlein II. Klasse. Zunahme beim Unterricht. Alles geschlossen. Vorfenster	9,9°	16,5°	67	9,36	2,21
3. Luftgässlein I. Klasse. Zunahme ohne Vorfenster. Fenster geschlossen . .	3,2°	22°	66	7,30	—

Localität und Bedingungen der Experimente	Mittel aller Temperatur-differenzen	Höchste Temperatur im Zimmer	Zahl der Kinder	Maximalzahl der beobachteten Kohlensäure p. m.	Kohlensäuregehalt Morgens beim Eintritt ins leere Zimmer
4. Luftgässlein I. Klasse. Zunahme ohne Vorfenster. Fenster geschlossen	5,3° C.	20° C.	64	1,31	0,63
5. Luftgässlein I. Klasse. Zunahme ohne Vorfenster. Zwei gleichseitige Fenster offen .	2,3°	20,2°	67	0,92	0,61
6. Real-Gymnasium III. Klasse. Zunahme bei geschlossenen Vorfenstern. Vier gegenüberliegende Fenster geschlossen	13,3°	20°	36	5,39	0,52
7. Real-Gymnasium III. Klasse. Zunahme von 8 bis 12 Uhr. Abnahme von 12 bis 6 Uhr . .	16,6°	20°	35	4,58	0,52
8. Real-Gymnasium III. Klasse. Vorfenster zu. Klappe offen. Zunahme von 8 bis 12 Uhr. Abnahme von 12 bis 6 Uhr	12,9°	18°	35	2,67	0,64
9. Real-Gymnasium IV. Klasse. Vorfenster zu. Keine Ventilation. Zunahme von 8 bis 12 Uhr, dazu Fenster offen . .	10,0°	20°	38	5,45	0,4
10. Real-Gymnasium IV. Klasse. Alles zu. Zunahme von 8 bis 11 Uhr. Singstunde	12,2°	20°	38 (?)	6,53	—
11. Steinenkloster. Keine Vorfenster. Zunahme von 9 bis 4 Uhr Abends	14,8°	18°	60	5,93	0,77

Schwarzenbach[1]) untersuchte die Luft in den Schulzimmern von Bern und fand in 13 Versuchen bei einem Rauminhalt von 2⅔ bis 9½ cbm pro Kind, je nach den stattgehabten Unterrichtsstunden, 18,5—35,2 Kohlensäure : 10000. Demnach war der Kohlensäuregehalt auf das nahezu sechsfache des normalen angewachsen. Interessant ist, dass auch Schwarzenbach wie Breiting das be-

[1]) Aus der Natur, 1870.

trächtliche Anwachsen nach der Gesangstunde constatirt, was allerdings mit den oben gegebenen Ermittelungen über die Kohlensäureausscheidung völlig in Uebereinstimmung ist.

Hesse[1]), welcher die Luft in mehreren Schulen Sachsens (Schwarzenberg, Zittau etc.) untersuchte und von 10 zu 10 Minuten Kohlensäurebestimmungen machte, constatirte in den Schulen einen weit über das Maass der von v. Pettenkofer gesetzten Grenze hinausgehenden Kohlensäuregehalt der Schulluft, selbst bis 8‰. In einem Falle constatirt er beispielsweise ein Ansteigen des Kohlensäuregehalts in den Zahlen:

1,5—1,7—2,2—2,6—3,0 pro mille.

Der Austritt mehrerer Kinder lässt den Kohlensäuregehalt momentan auf 2,8 absinken; sodann beginnt wieder das Ansteigen zu 2,9—3,7—3,8. Bei dem Gehalt von 4,2 wird die Luft unangenehm. Im Ganzen war der Kohlensäuregehalt in einem Zimmer von 162 cbm Inhalt, welches von 57 Kindern im Alter von 12—14 Jahren besucht war, während des Aufenthaltes derselben und während kurzen Gesanges in der Zeit von 2 Stunden von 1,5 auf 4,1 p. m. gestiegen. Die Oeffnung von Fenstern und Thüren während 5 Minuten genügte, um den Kohlensäuregehalt wieder auf 0,5—0,7 p. m. herabzubringen. Aus den Untersuchungen der Magistratskommission in Berlin[2]) geht hervor, dass die Luft im Ganzen und Grossen bei einem Kohlensäuregehalt von 4,48—4,9 p. m. schon den Eindruck als „dunstig“ oder „unrein“, bei 6,07 p. m. als „schlecht“ machte.

Umfangreiche Untersuchungen der Schulluft hat Rietschel[3]) in Berliner Schulen ausgeführt. Es kam ihm im Wesentlichen darauf an, Aufschluss zu erhalten über die Zunahme der Luftverunreinigung sowohl innerhalb einer Unterrichtsstunde als auch innerhalb eines ganzen Vormittags und über den Einfluss, welchen in den Unterrichtspausen das Oeffnen der Thüren bezw. der Fenster und das Verlassen der Klassenräume seitens der Schüler auf die Luftbeschaffenheit auszuüben vermögen; ferner wollte er auch ein klares Bild von der Wirkung der Lüftungseinrichtungen gewinnen. Aus der grossen Zahl von Untersuchungen sei hier nur diejenige aus einer Klasse des Friedrich-Wilhelms-Gymnasiums mitgetheilt. Unterricht von 8—1 Uhr. Schülerzahl 54. In den Pausen, während

---

[1]) Viertelj. f. öff. Gesundheitspflege, Bd. X, p. 324 u. 728.
[2]) Bericht über Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen. Berlin 1879, p. 68.
[3]) A. a. O. p. 6.

welcher die Thüre möglichst geschlossen bleibt, verlässt ein Theil der Schüler den Klassenraum, wo verbleiben um 9 Uhr 22, um 10 Uhr 34, um 11 Uhr 16, um 12 Uhr 19 Schüler. Ventilationseinrichtungen sind ausser Betrieb, Zu- und Abluftcanal geschlossen. Der Kohlensäuregehalt beträgt

um 8 Uhr		. . . .	0,4 p. m.
„ 9 „	vor der Pause	. . . .	2,5 „ „
„ 9 „	nach „ „	. . . .	2,9 „ „
„ 10 „	vor „ „	. . . .	5,9 „ „
„ 10 „	nach „ „	. . . .	4,6 „ „
„ 11 „	vor „ „	. . . .	7,2 „ „
„ 11 „	nach „ „	. . . .	6,5 „ „
„ 12 „	vor „ „	. . . .	8,0 „ „
„ 12 „	nach „ „	. . . .	6,8 „ „
„ 1 „	vor Schluss des Unterrichts		8,0 „ „

An einem anderen Tage, als der Zu- und Abluftcanal, die allerdings von zu geringem Querschnitt waren, geöffnet blieben, die Ventilationseinrichtung aber ausser Betrieb war, steigt der Kohlensäuregehalt im Maximum auf 6,3 p. m., bei einer dritten Versuchsreihe, als auch der Wasserstrahlventilator in Betrieb war, nur auf 2,6 p. m.

Wurde der ermittelte Kohlensäuregehalt auf 50 Schüler und einen Klassenraum von 200 cbm reducirt, so schwankten die Durchschnittszahlen am Ende einer Stunde zwischen 9,075 ‰ und 1,385 ‰.

Gillert fand in Berliner Schulen 9,65 ‰, W. Hesse[1]) 11,7 ‰ Kohlensäure.

Aus allen diesen Versuchen resultirt, dass mit der Länge des Aufenthaltes einer Gruppe von Menschen in einem Raume der Kohlensäuregehalt beträchtlich steigt, und dass letzterer demgemäss ein Fingerzeig für die Verschlechterung der Atmosphäre ist. Nichtsdestoweniger ist die v. Pettenkofer'sche Anschauung vielfach angegriffen worden; immer wieder wurde, was ja v. Pettenkofer überhaupt gar nicht ausgesprochen hatte, hervorgehoben, dass der gesteigerte Kohlensäuregehalt bei sonst reiner Atmosphäre an und für sich nicht so gesundheitsgefährlich sei, da nach den Versuchen von Leblanc der Aufenthalt in einer Luft, welche 30 % Kohlensäure enthält, wenigstens für Minuten das Leben nicht bedroht. v. Pettenkofer selbst hat den Kohlen-

[1]) Deutsche Vierteljahresschrift f. öff. Gesundheitspfl. 1878, Bd. X, p. 265.

säuregehalt nur als Maass der Luftverderbniss, nicht als das eigentlich schädliche Agens angenommen, und, wie alle anderen, legt auch er das Hauptgewicht auf die Anwesenheit jener chemisch schwer oder gar nicht nachweisbaren organischen Beimischungen der ausgeathmeten Luft; ihm gerade war ja die Thatsache nicht entgangen, dass entgegen dem Leblanc'schen Experiment die von Menschen producirte Athmungsluft schon schlecht erschien, wenn sie ½ p. m. Kohlensäure enthielt, schädlich bei 1 p. m., dass also in dieser ausser der Kohlensäure noch etwas enthalten sein müsse, was schädlich wirke. Damit stimmen auch die von Smith[1]) gemachten Untersuchungen überein. Derselbe wies nach, dass in einer luftdicht abgeschlossenen Bleikammer, deren Luft nur noch 17,45 % Sauerstoff enthielt, trotz der Beklemmung, welche diese Luft verursachte, der Aufenthalt nicht so unangenehm war, wie er in einem überfüllten Schulzimmer zu sein pflegt, so dass man annehmen muss, dass nicht der Mangel an Sauerstoff, nicht der Ueberschuss an Kohlensäure, sondern sicherlich die der Luft beigemischten organischen Substanzen so widerwärtig empfunden werden.

Bei alledem wird man in Rücksicht auf den Chemismus der Athmung die einfache Anwesenheit eines erheblichen Kohlensäuredruckes in der zu athmenden Luft als gefährlich zu betrachten haben, weil das Lungenblut dadurch verhindert wird, sich seiner Kohlensäure zu entlasten. Wir wissen, dass es dem Lungenblute viel leichter wird, selbst bei geringem Sauerstoffdruck der umgebenden Luft sich denselben anzueignen, als die Kohlensäure zu entfernen; daher wird die Verringerung des Sauerstoffs, welche durch den Athmungsprocess einer grösseren Anzahl von Menschen in einem grösseren Raume statt hat, nicht hoch, die Production der Kohlensäure immerhin als bedeutend für den Athmungsprocess zu veranschlagen sein, und auch dafür findet sich in Smith's Untersuchungen Beweis genug. Smith konnte nachweisen, dass die in der Bleikammer verweilenden Personen bei Zunahme der Kohlensäure auf ¼ % häufiger athmeten, und dass ihr Puls rascher ging; steigerte sich der Kohlensäuregehalt noch mehr, so stieg die Respiration auf 26 in der Minute, und der früher aufgeregte und beschleunigte Puls wurde langsamer und erschreckend schwach, so dass Smith daraus mit vollem Recht den Schluss zieht, dass, wenngleich die Anwesenheit des höheren Kohlensäuregehaltes in gewissen

[1]) Smith (Robert August), Air and Rain; The Beginnings of a chemical Climatologie. London 1872.

Grenzen vielleicht für den Augenblick nicht deletär für den Organismus sei, die durch denselben bedingten Beeinflussungen der Respiration und Circulation dennoch auf die Dauer schädlich und verderbenbringend werden müssen; so werden wir denn also selbst den einfach gesteigerten Kohlensäuregehalt in der Athmungsluft als nicht gänzlich unschädlich zu betrachten haben.

Es ist ferner gegen v. Pettenkofer's Annahme eingewendet worden, dass die Kohlensäureproduction nicht im geraden Verhältnisse stehe zu den anderen die Luftverderbniss bedingenden Factoren (Baring, Artmann). Dies kann zutreffen; denn dem widersprechen die oben citirten Untersuchungen, insbesondere auch die von Degen gemachten, nicht; Degen giebt an, dass in Krankenhäusern bei 1 p. m. Kohlensäure in der Luft noch ein übler Geruch vorhanden war, welcher sich erst verlor, als der Kohlensäuregehalt bis 0,5 p. m. gesunken war. Augenscheinlich spielt die Verschiedenheit der organischen Stoffe, welche sich der Atmosphäre beimischen, hierbei eine wesentliche Rolle, und es werden sicherlich krebskranke Frauenspersonen bei dem aashaften Geruch, welchen sie verbreiten, nicht in eine Kategorie gestellt werden dürfen mit gesunden, die Schule frequentirenden Kindern. Indess hat v. Pettenkofer seine Annahme auf Grund einer grossen Reihe von Untersuchungen gemacht und stützt sich auf die eigene Wahrnehmung, dass eben die Luft bei dem Gehalt an Kohlensäure von 1 p. m. noch die Empfindung wenig oder nicht verdorbener Luft gab. Pappenheim hält bei alledem diese Annahme von $^{1}/_{1000}$ für subjectiv, ebenso wie die von $^{2}/_{1000}$ und giebt $^{4}/_{1000}$ als das noch geeignete Maass an; Leblanc[1]) lässt 4—5 p. m. zu, Wolpert[2]) 2 p. m., Poumet[1]) 2—3 p. m., allerdings sämmtlich als die äusserste Grenze. — Schottky erklärt, dass er 2 p. m. als Maximalwerth für durchaus nicht zu hoch halte, wenn nur überhaupt der Stagnation der Luft vorgebeugt wird und eine möglichst häufige Erneuerung der Luft in den von Schulkindern besuchten Räumen stattfindet[2]). — In dem Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden zu Berlin werden 2,14 p. m. als das Erreichbare angegeben; nach Wolffhügel und Rietschel sind noch 1,5 p. m. als zulässig anzusehen. So stehen wir bezüglich der präcisen Zahl noch einigermassen unentschlossen da, und wiederum ist es die Empirie, welche für den Einzelfall entscheiden wird.

---

[1]) Seiffert, Ventilation. Schmidt's Jahrbücher, Bd. 129, 1866, p. 324.
[2]) Zeitschrift f. Biologie, Bd. XV.



Man wird sich aber der Meinung v. Pettenkofer's anschliessen, dass 1 : 1000 nahezu das Maximum des Kohlensäuregehaltes sein dürfe, und zwar schon deshalb, weil er am meisten verlangt von allen Anderen, und doch andererseits nicht so viel wie Degen für die Krankenhäuser, dass nämlich die Binnenluft durchaus der atmosphärischen gleichen müsse, etwas, wofür es, wie Roscoe richtig hervorhebt, kein Mittel der Ventilation giebt.

Allerdings gilt v. Pettenkofer's Grenzwert nur für den Fall, wo der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft ausschliesslich durch den Lebensprocess des Menschen erzeugt wird. Soll in Räumen, in denen auch künstliche Beleuchtung vorhanden ist, die Kohlensäuremenge als Maassstab der Luftverschlechterung gebraucht werden, so ist die durch die Beleuchtung erzeugte Kohlensäuremenge besonders in Rechnung zu ziehen. v. Pettenkofer schlägt in diesem Falle als Grenzwerth für beide Kohlensäurequellen 2 p. m. vor.

Wie wenig der verschiedene Wassergehalt der Luft für die Güte derselben bestimmend angenommen werden kann, geht schon aus den oben gegebenen Ueberlegungen v. Pettenkofer's hervor. Der Wassergehalt ist zu schwankend und wird von zu vielen Momenten beeinflusst, als dass er einen sicheren Maassstab für den Werth der Luft abgeben könnte; indess ist auf der anderen Seite auch durchaus nicht mit Bestimmtheit anzugeben, bis zu welcher Menge der Wassergehalt der Luft an und für sich angenehm ist und wann er unangenehm wird. Im Allgemeinen wird die anscheinende Trockenheit der Zimmerluft schlechter vertragen als der erheblichere Feuchtigkeitsgehalt. Dies geht überdies aus Falk's [1]) Experimenten hervor, welche erwiesen, dass Thiere, welche in mit Wassergas gesättigter Luft stundenlang athmeten, durchaus keine krankhaften Symptome zeigten.

Rietschel hat vorgeschlagen, die Luftverschlechterung nach dem Grade der Temperatur in den Zimmern zu beurtheilen und demgemäss den Ventilationsbedarf nach der Zimmerwärme festzustellen; denn die Temperatur sei einerseits von hoher Bedeutung für das Wohlbefinden des Menschen im geschlossenen Raume, andererseits auch am leichtesten zu ermitteln. Es komme bei der Ventilation hauptsächlich darauf an, in Räumen, welche für längere Zeit gleichzeitig einer grösseren Menge von Menschen zum Aufenthalt dienen, die durch die Wärmeabgabe des Menschen und eventuell durch die

[1]) Falk, Die hygienische Wirkung des Wassergehaltes in der Atmosphäre. Virchow's Archiv, Bd. LXII, Heft 2.

Verwendung künstlicher Beleuchtung bedingte Erhöhung der Temperatur auf das normale Maass herabzusetzen. (Ueber die wissenschaftliche Begründung dieses Vorschlages und die Berechnung des Ventilationsbedarfs auf Grund dieses Princips s. Rietschel's Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Heizungs- und Lüftungsanlagen.) Gegen Rietschel's Vorschlag hat sich insbesondere Wolffhügel[1]) gewandt, welcher darauf hinweist, dass auf die Angaben über die Grösse der Wärmeabgabe von Haut und Lunge, die zu gutem Theil nur auf Grund einer Schätzung gewonnen sind, doch nicht der Bedarf an Frischluft basirt werden dürfe. Ferner ist klar, dass, je niedriger die Temperatur der eingeführten Frischluft ist, um so kleiner die erforderlichen Mengen der letzteren sein können, um die gestellte Aufgabe der Erhaltung der Temperatur auf der gewünschten Höhe zu erfüllen. Wolffhügel hat nach v. Pettenkofer's Princip unter bestimmten Verhältnissen für einen Erwachsenen das Lüftungsbedürfniss ermittelt, das sonst, mag die äussere Temperatur so hoch sein, wie sie will, etwa 38 cbm pro Stunde beträgt; unter gleichen Bedingungen nach Rietschel's Vorschlag ermittelt, würde bei einer Temperatur der zugeführten Frischluft

von	0°	der	Ventilationsbedarf	18	cbm
„	5°	„	„	25	„
„	10°	„	„	39	„
„	15°	„	„	87	„
„	16°	„	„	117	„
„	17°	„	„	175	„
„	18°	„	„	350	„

betragen. Diese verschiedenen Luftmengen wären erforderlich zur Beseitigung einer Wärmemenge von 100 Calorien, die etwa der von einem Erwachsenen pro Stunde gelieferten Wärme entspricht, wenn die Zimmertemperatur auf 19° erhalten werden soll. Die Berechnung des Luftbedarfs nach der Zimmerwärme würde also bei höherer Temperatur der zugeführten Frischluft eine wesentlich grössere Luftzufuhr, bei niedrigerer Temperatur eine geringere Luftzufuhr erforderlich machen, als nach v. Pettenkofer's Vorschlag nöthig ist, nach welchem immer die gleiche Luftmenge zugeführt werden muss. Ja es kann vorkommen, dass, wenn nach Rietschel's Princip der Luftbedarf berechnet wird, bei sehr niedriger Aussentemperatur, da doch die

---

[1]) Zur Lehre vom Luftwechsel. München 1893. p. 45 ff.

Abkühlung des Raumes durch die Wände des Zimmers hindurch in Rechnung gezogen werden muss, gar keine Zufuhr frischer Luft nothwendig ist. Dieses Princip giebt uns also, wie Wolffhügel mit Recht betont, in der kalten Jahreszeit ganz dem Belieben des Heizers preis, indem dieser an kalten Tagen durch die Regelung des Heizbetriebes es fertig bringen kann, dass die geforderte Temperatur des Zimmers eingehalten wird, ohne dafür die Mitwirkung der Lüftung heranzuziehen. Rietschel hat dann auch seine Vorschläge in der Weise modificirt, dass er in den Fällen, wo nach seinem Princip sich ein geringerer Luftbedarf ergiebt, als wenn dieser nach seinen für die verschiedenen Verhältnisse aufgestellten Lüftungsvorschriften, die auf den Kohlensäuregehalt, aber unter wechselnden Annahmen für die zulässige Menge derselben, basirt sind, berechnet wird, die letztere Berechnungsweise dem erforderlichen Luftwechsel zu Grunde legt.

Ueberblicken wir nach all diesen Erfahrungen noch einmal das Maass der Luftverderbniss und das Luftbedürfniss unserer Schuljugend, hier nur in der Absicht, den pro Kopf zu beschaffenden Cubikraum festzusetzen, so würden sich folgende Positionen aufstellen lassen: Rechnet man, dass ein Knabe in der Stunde 320 l Luft durch die Lunge gehen lässt, so würden 50 Schüler $50 \times 320 = 16000$ l $= 16$ cbm und bei einem 6stündigen Aufenthalt in einem Raume 6×16 cbm $= 96$ cbm Luft verbrauchen. Nun ist die Athemluft mit 4,38 Vol. Kohlensäure etwa um 44mal reicher als das Maximum der Kohlensäure in einer zum Athmen geeigneten Luft (0,1 Vol. oder 1 : 1000). Zu 1 cbm ausgeathmeter Luft müssen demnach 44 cbm dieser normalen Luft hinzutreten, um die Kohlensäure auf die normale Menge herabzusetzen. Es würden demnach für 50 Kinder bei 6stündigem Verbrauch 44×96 cbm $= 4224$ cbm Luft nöthig sein. In der Voraussetzung, dass der Raum, in welchem diese Kinder sich aufhalten, seinen Kohlensäuregehalt behält, dass also das Zimmer jener Bleikammer von Smith ähnlich wäre, würde derselbe bei 4,70 m Höhe 898,72 qm Fläche haben, d. h. er würde, wenn Breite und Länge im Verhältniss von 4 : 5 stehen, ca. 33,5 m lang und 26,8 m breit sein müssen; von einem so grossen Schulzimmer kann aber keine Rede sein.

Pappenheim lässt noch 4 Theile Kohlensäure auf 1000 Luft als normal zu, doch nimmt er die doppelte Menge Athemzüge und dadurch erzeugter Kohlensäure an, also 640 l $= \frac{2}{3}$ cbm Luft mit einer stündlichen Abgabe von 25 l Kohlensäure. Demgemäss würden

pro Stunde und Kopf $11 \times {}^2/_3$ cbm $= 7\,{}^1/_3$ cbm Luft nöthig sein, d. i. für 50 Kinder und 6stündigen Aufenthalt $= 50 \times 6 \times \frac{22}{3}$ $= 2200$ cbm, d. i. bei einer Höhe des Saales von 4,70 m und dem Verhältniss von Länge und Tiefe wie 5 : 4 ein Raum von 467,07 qm Grundfläche und von ca. 24,1 m Länge und 19,3 m Breite; wiederum ein als Schulzimmer durchaus ungeeigneter Raum.

Wollte man, wie dies ebenfalls Einige gethan haben, wie es aber kaum angeht, das Gewicht der durch Perspiration und Respiration abgegebenen Wassermenge als Grundlage der Berechnung nehmen und diejenige Luftmenge ausrechnen, welche dazu dient, bei 15° C. diese Wassermenge aufzulösen, so ergiebt sich folgende Position:

1 cbm Luft ist bei 15° C. mit Wasserdampf gesättigt, wenn er 13,028 g aufgenommen hat; da die Luft aber gewöhnlich nur bis zur Hälfte gesättigt ist, so macht das $\frac{13{,}028}{2}$ g. Nun scheidet der Mensch bei plus 15° C. etwa die 6fache Quantität Wasser ab, als die Luft gewöhnlich enthält; demnach sind zur Auflösung derselben 6 cbm Luft erforderlich. Da nun pro Stunde ${}^1/_3$ cbm Luft von jedem Schüler geathmet wird, so macht dies für 6 Stunden und 50 Kinder

$$\frac{6}{3} \times 6 \times 50 = 600 \text{ cbm Rauminhalt} = 127{,}68 \text{ qm Grundfläche.}$$

Dies würde einen Raum repräsentiren von 4,7 m Höhe, 12,63 m Länge und 10,11 m Tiefe, was ebenfalls für Schulzwecke schlecht angeht.

In allen Fällen ist also das Luftbedürfniss so gross, dass kein Raum herzustellen ist, der bei den sonst für die Schule erspriesslichen Zwecken demselben genügen könnte. Wir werden aber aller dieser Berechnungen durch die Thatsache überhoben, dass Wohnhäuser überhaupt keine im physikalischen Sinne geschlossenen Räume sind. Denselben wird ein Theil der in ihnen enthaltenen schlechten Luft entzogen und dafür frische, reine Luft zugeführt; dann haben wir aber auch durch die luftverbessernden Einrichtungen Mittel in den Händen, welche uns gestatten, die früher als nothwendig dargestellten Raumverhältnisse der Schulzimmer festzuhalten und dennoch die für die Kinder nöthige Reinheit der Luft zu beschaffen. Eins geht aber aus diesen Erwägungen schon jetzt hervor, — die Bedeutung der luftverbessernden Einrichtungen in den Schulzimmern.

Der Ueberblick über die bisher gegebenen Erörterungen über die deletären Luftveränderungen zeigt uns, dass wir eine zuverlässige Grenze der schlechten und guten Luft noch nicht kennen, dass wir vielmehr angewiesen sind auf unser fein organisirtes Geruchssystem, den Wächter unserer Lungen, den besten chemischen Analytiker; wir könnten füglich die chemischen Methoden gänzlich entbehren, wenn nicht unsere Organisation an einem überaus grossen Fehler litte, nämlich an dem der relativen Beurtheilung und der leichten Accommodation, abgesehen von dem anderen Fehler, dass ja das Geruchssystem nicht bei allen Menschen gleich gut ausgebildet ist. Wer aber auch wirklich fein organisirte Geruchsnerven hat, der wird zwar im Stande sein, unter dem ersten Eindrucke schlechte Luft von guter zu unterscheiden; er wird aber sehr bald mit der schlechten Luft einen gewissen Modus vivendi gefunden haben, welcher ihn den Grad der Verschlechterung nicht mehr empfinden lässt; er wird ferner, wenn er aus einer schlechten Atmosphäre in eine etwas bessere kommt, welche vielleicht auch kaum respirabel ist, diese für weitaus besser halten, als sie in der That ist; mit einem Worte, es geht unserm Nervensystem in dem einen, wie dem anderen Falle die Urtheilsfähigkeit aus. Wir sind daher auf chemische, nie versagende Untersuchungsmethoden angewiesen, von denen leicht ausführbare und sichere Resultate ergebende vorhanden sind.

e) Die Untersuchung der Luft. Nachweis der Luftverschlechterung.

Die Untersuchung der Schulluft muss sich einerseits auf jene Gase und mechanischen Beimengungen beziehen, welche in Folge des Zusammenseins mehrerer Menschen im geschlossenen Raume sich in grösserer Menge der Luft beimengen, andererseits jene Art der Luftverschlechterung ins Auge fassen, welche als Folge von ungünstiger Lage des Schulgebäudes, schlechter Wahl des Baugrundes, mangelhafter Heizvorrichtungen etc. anzusehen ist. Sie wird sich also vornehmlich in ihrem physikalischen Theile beschäftigen müssen mit den Bestimmungen des Feuchtigkeitsgehaltes, in ihrem chemischen Theil mit dem quantitativen Nachweis der Kohlensäure, mit dem Nachweis des Ammoniaks, des Schwefelwasserstoffs, der schwefligen Säure (der salpetrigen und Salpetersäure), besonders aber des Kohlenoxyds. Man wird sich selbstverständlich durch Vergleichsanalysen

überzeugen müssen, welchen von den oben erwähnten Momenten überhaupt eine Verschlechterung der Luft zuzuschreiben ist.

Die organischen Excrete der Respiration und Perspiration müssen unberücksichtigt bleiben, weil es der analytischen Chemie nicht möglich ist, diese Substanzen weder qualitativ noch quantitativ zu bestimmen.

I. Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Schulluft.

Dieselbe wird am besten nach der bekannten v. Pettenkofer-schen Methode ausgeführt. Man benöthigt hierzu:

1. Eine 6—8 l fassende Glasflasche[1]), die mit einem genau passenden Paraffinstopfen verschlossen wird, über den man noch eine Gummikappe zieht. Der Rauminhalt der Flasche wird vorher genau bestimmt, indem man sie leer, dann mit Wasser gefüllt wiegt und aus der Gewichtsdifferenz ihre Fassungskraft berechnet, oder indem man sie mit Wasser ausmisst.

2. Einen ungefähr $^3/_4$ l Luft fassenden Blasebalg, der mit einer zu einer Spitze ausgezogenen, bis auf den Boden der Glasflasche reichenden Glasröhre in Verbindung steht.

3. Eine Flasche mit Barytlösung.

4. Eine Vollpipette mit 100 ccm Marke.

5. „ „ „ 25 ccm „ .

6. Eine Flasche mit titrirter Salpeter- oder Schwefelsäure.

7. Ein Fläschchen mit einer alkoholischen Lösung von Phenolphtaleïn, Rosolsäure oder Lackmustinctur.

8. Eine Quetschhahnbürette, deren Theilung $^1/_{10}$ ccm abzulesen oder auch genau abzuschätzen gestattet.

9. Eine oder mehrere gut verschliessbare Flaschen von 100 ccm Inhalt.

10. Mehrere Glaskölbchen.

11. Thermometer nach Celsius.

12. Barometer.

Herstellung der Lösungen.

a) Barytlösung. 7 g reines Barythydrat werden in 1 l kaltem Wasser gelöst, etwa 0,5 g neutral reagirendes, reines Baryumchlorid hinzugefügt und die Flüssigkeit, wenn nöthig, durch ein trockenes Filter in eine trockene Flasche filtrirt. Andererseits löst man 2,8636 g

[1]) Die Flasche muss mit verdünnter Salzsäure oder mit Alkohol gereinigt und ausgetrocknet werden. Eine Flasche, deren Wand sich nach öfterem Gebrauche getrübt hat, darf nach Fodor zu keiner weiteren Kohlensäurebestimmung benutzt werden.



reine krystallisirte Oxalsäure ($Ca_2H_2O_4 + 2H_2O$) in 1 l destillirtem Wasser auf. 25 ccm der Barytlösung versetzt man in einem Glaskölbchen mit einigen Tropfen der Phenolphtaleïnlösung (Bereitungsweise s. unten) und lässt nun aus einer Bürette von der Oxalsäurelösung vorsichtig und zuletzt tropfenweise zufliessen, bis die rothe Farbe der Flüssigkeit eben verschwunden ist. Man weiss nun, wie viel Gramm reiner krystallinisirter Oxalsäure nöthig sind, um 25 ccm der Barytlösung zu neutralisiren oder auch, da 1 ccm der Oxalsäurelösung genau 1 mg Kohlensäure entspricht, wie viel Milligramm Kohlensäure 25 ccm der Barytlösung entsprechen.

b) Salpeter- oder Schwefelsäure. 25 ccm der Barytlösung werden wie oben mit Phenolphtaleïnlösung versetzt und von einer verdünnten Salpeter- oder Schwefelsäure aus einer Bürette so lange zufliessen gelassen, bis die Flüssigkeit eben entfärbt ist. Nun muss die Säure so weit verdünnt werden, bis sie in ihrer Wirkung der obigen Oxalsäurelösung entspricht. Hätte man z. B. zum Sättigen von 25 ccm der Barytlösung 24,7 ccm der Oxalsäurelösung, jedoch von der Salpetersäure nur 23,5 ccm gebraucht, so müssten je 23,5 ccm der Salpetersäure auf das Volumen von 24,7 ccm durch Verdünnen mit destillirtem Wasser gebracht werden, d. h. man müsste, um sich 1 l titrirter Säure zu bereiten, 951,4 ccm der Säure mit 48,6 ccm destillirten Wassers versetzen. 1 ccm dieser Säure würde dann in seinem Wirkungswerth 1 ccm der Oxalsäurelösung, mithin 1 mg Kohlensäure entsprechen.

c) Phenolphtaleïnlösung. 2 g Phenolphtaleïn, das man im Handel hinlänglich rein erhält, wird in 100 g absolutem Alkohol gelöst. Einige Tropfen dieser Lösung zeigen Spuren von alkalisch reagirenden Substanzen durch eine lebhaft rothe Farbe an. Die rothe Farbe verschwindet jedoch bei dem geringsten Säureüberschuss sofort nach gehörigem Umrühren oder Schütteln der Flüssigkeit.

Ausführung der Bestimmung.

Die oben sub 1 genannte Flasche wird erst in dem Zimmer, dessen Luft untersucht werden soll, geöffnet und nun mit Luft gefüllt, indem man die mit dem Blasebalg in Verbindung stehende Glasröhre in die Flasche einführt und ungefähr 5mal so viel Luft durch dieselbe bläst, als die Flasche zu fassen im Stande ist. Hierauf lässt man mit der Pipette (4) 100 ccm der Barytlösung nahe an dem Boden der Flasche auslaufen, entfernt die Pipette vorsichtig

und verschliesst die Flasche sofort. In der so vorbereiteten Flasche geht durch die Barytlösung die Absorption der Kohlensäure vor sich, welche man durch öfteres Umschütteln der Flasche befördert, so dass man sicher sein kann, das gesammte Luftquantum mit der Barytlösung in Berührung gebracht zu haben. Jedenfalls muss man die Absorption, durch öfter wiederholtes Neigen der Flasche unterstützt, ca. ½ Stunde vor sich gehen lassen. Inzwischen stellt man den Titer der Barytlösung nochmals genau fest, indem man 25 ccm der Barytlösung rasch mit Phenolpthaleïn versetzt und ihren Wirkungswerth gegenüber der Salpeter- oder Schwefelsäure feststellt. Man hätte z. B. gefunden, dass 25 ccm der Barytlösung 24,8 ccm Salpetersäure entsprechen. Die in der Absorptionsflasche vorhandene, jetzt stark getrübte Flüssigkeit wird nun rasch in eines der sub 9 erwähnten trockenen Fläschchen gebracht, dieses rasch geschlossen und ruhig stehen gelassen. Nach mehrstündigem Stehen hat sich die Flüssigkeit geklärt. Man öffnet die Flasche, überträgt von der völlig klaren, über dem Niederschlag stehenden Flüssigkeit mit der Pipette (5) 25 ccm in ein reines Glaskölbchen (10) und titrirt auf dieselbe Weise und mit derselben Säure, mit welcher man vorhin die reine Barytlösung titrirt hat. Man hätte verbraucht 16,5 ccm der Salpetersäure. 25 ccm der Barytlösung haben demnach $24{,}8 - 16{,}5 = 8{,}3$ mg Kohlensäure absorbirt. In dem Gesammtquantum der zum Versuche verwendeten Luft sind also $8{,}3 \times 4 = 33{,}2$ mg Kohlensäure oder, da 1 mg Kohlensäure = 0,5 ccm Kohlensäure von 0° C. und 760 mm Barometerstand ist, 16,5 ccm Kohlensäure enthalten gewesen. Gesetzt, die Flasche (1) hätte einen Rauminhalt von 7400 ccm, so sind zur Absorption gelangt $7400 - 100 = 7300$ ccm Luft, weil ja 100 ccm Luft durch 100 ccm der Barytlösung aus der mit der Untersuchungsluft vollständig gefüllten Flasche verdrängt wurden. Nun ist es bloss noch nöthig, das Luftvolumen auf das Volumen bei 0° und 760 mm Barometerstand zu reduciren. Dies geschieht nach der bekannten Formel

$$V_1 = \frac{V \,.\, b}{760\,(1 + 0{,}00367\,t)},$$

in welcher bedeutet: V das Volumen der untersuchten Luftmenge (in diesem Falle 7300), t die Temperatur, bei welcher der Versuch durchgeführt wurde, b den während des Versuches vorhandenen Barometerdruck in Millimeter, V_1 das auf die Normalverhältnisse reducirte obige Luftvolumen. Durch einfache Proportion erfährt man dann den Kohlensäuregehalt der Luft in 10000 Theilen. Setzen

wir in unserem Falle t = 15° C. und b = 756, so erhalten wir mit Zuhilfenahme obiger Zahlen in 6882,5 ccm Luft 16,6 ccm Kohlensäure oder 24,12 Volumentheile in 10000.

Für die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes in der Luft sind ausser dem v. Pettenkofer'schen Verfahren noch andere Methoden gebräuchlich, die auch exacte und für wissenschaftliche Zwecke verwendbare Ergebnisse liefern, aber diese Methoden sind schwieriger, so dass Proskauer[1]) meint, dass es am zweckmässigsten sei, das v. Pettenkofer'sche Verfahren, nöthigenfalls unter Berücksichtigung der von Bitter vorgeschlagenen Cautelen, anzuwenden.

Der Einwand, dass die über die Untersuchungsflasche gestülpte Kautschukkappe beim Schütteln Kohlensäure absorbire, ist durch den Paraffinstopfen beseitigt; auch kann man, wie Bitter empfohlen hat, die Gummikappen vor dem Gebrauch in die mit Luft geschüttelte Barytlösung legen, so dass der Titer nicht verändert wird. Ein anderer Vorwurf ist allerdings nicht zu vermeiden. Beim Umschütten von einem Glase in das andere und beim Titriren selbst kann die Flüssigkeit Kohlensäure aufnehmen. Diese Fehlerquelle compensirt sich aber, da ja das Resultat aus der Differenz des reinen und des mit Luft geschüttelten Barytwassers gezogen wird.

Wo es sich nicht um allergenaueste Resultate handelt, sind auch einfachere Verfahren zur Kohlensäurebestimmung wohl anwendbar, so z. B. das minimetrische Verfahren nach Smith-Lunge. Das Princip desselben beruht darauf, dass ein bekanntes Quantum Barytlösung so lange mit gemessenen Mengen der zu untersuchenden Luft in Berührung gebracht wird, bis eine deutlich erkennbare Trübung eintritt. Je reicher die Luft an Kohlensäure ist, um so eher tritt die Trübung ein. Für dies Verfahren ist ein etwa 53 ccm fassendes Fläschchen nöthig, durch dessen doppelt durchbohrten Stopfen zwei Glasröhren gehen, eine gerade, die fast bis auf den Boden der Flasche reicht und an ihrem oberen Ende mit einem Stück Gummischlauch überzogen ist, und eine dicht unter dem Stopfen endende und oberhalb desselben rechtwinklig gebogene, an welche sich ein 20—30 cm langer Gummischlauch mit einem Kautschukballon von ungefähr 28 ccm Inhalt ansetzt. Der Gummischlauch zeigt in der Nähe der Glasröhre einen 1 cm langen Einschnitt in der Längsrichtung, der als Ventil wirkt. Verschliesst man mit einer Hand den kurzen Gummischlauch an der geraden Röhre und drückt

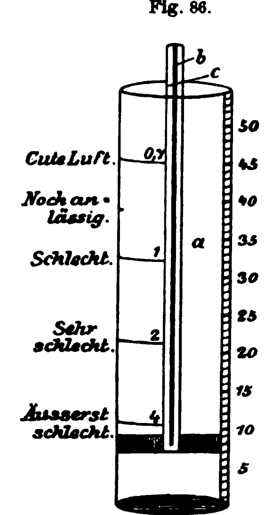
[1]) Hygienische Rundschau 1892, p. 195.

nun den Gummiballon zusammen, so entweicht die in diesem enthaltene Luft durch das Einschnittventil. Indem der Ballon sich wieder ausdehnt, saugt er die Luft durch das nunmehr frei zu lassende gerade Rohr in die Flasche und den Ballon. Hat man auf diese Weise die Flasche mit der zu untersuchenden Luft wiederholt gefüllt, so giesst man 7 ccm einer klaren Lösung von 6 g Barythydrat in 1 l Wasser hinein, worauf die Flasche sorgfältig verschlossen und öfter umgeschüttelt wird. Bei jedesmaliger Zusammenpressung und Ausdehnung des Ballons werden 28 ccm Luft durch die Flasche gesogen. Die in der Luft enthaltene Kohlensäure wird an die Barytlösung abgegeben, wodurch diese getrübt wird. Um den Grad der Trübung genauer beurtheilen zu können, klebt Lunge auf die Flasche ein Stück Papier, auf dessen Innenseite mit Bleistift ein Kreuz gezeichnet ist. Lässt sich dies Kreuz nicht mehr erkennen, so ist das Barytwasser als ausreichend getrübt anzusehen. Um die Menge der Kohlensäure zu bestimmen, müssen die Füllungen des Gummiballons gezählt werden. Es zeigen an

4	Füllungen	des	Ballons	22	Vol.	Kohlensäure	in	10000	Vol. Luft
5	„	„	„	17,6	„	„	„	10000	„ „
6	„	„	„	14,8	„	„	„	10000	„ „

u. s. w.

Fig. 86.



Wolpert's Luftprüfer.

Die nach dem Lunge-Smith'schen Verfahren ermittelten Ergebnisse sind nur als Näherungswerthe anzusehen, weil der Zeitpunkt, bei welchem das Kreuz nicht mehr sichtbar ist, zu sehr von subjectivem Ermessen abhängig ist.

Ein einfaches Verfahren, welches gute Resultate liefert, hat Wolpert angegeben. Bei seinem „Luftprüfer" (Fig. 86) bewegt sich in einem weiten Glascylinder (a) an einem mit engem Canal (b) versehenen Glasstab (c) ein Stopfen wie in einem Dampfcylinder auf und ab. In den Cylinder giebt man 2 ccm einer durch Phenolphtaleïn roth gefärbten Sodalösung und drückt den Stopfen bis auf das Niveau der Flüssigkeit herab. Will man nun die Luft untersuchen, so zieht man langsam den Stopfen hoch; es tritt durch die Canüle Luft zwischen Lösung und Stopfen, die beim Umschütteln ihre Kohlensäure an die

Sodalösung abgiebt. Diese Operation setzt man fort, bis die rothe Farbe der Lösung eben verschwindet. An einer am Cylinder angebrachten Scala kann man den Kohlensäuregehalt der untersuchten Probe direct ablesen.

II. Bestimmung der Feuchtigkeit der Schulluft.

In der Praxis der Luftuntersuchung haben sich unter den vielen vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit besonders drei bewährt, nämlich: 1. die Anwendung hygroskopischer Substanzen; 2. die Benützung der Eigenschaft von Haaren und gewissen Pflanzenfasern, durch Absorption von Wasserdampf und Wiederabgabe desselben an die umgebende Luft Verlängerungen resp. Verkürzungen zu erleiden; 3. die Bestimmung des Thaupunktes.

1. Anwendung hygroskopischer Substanzen. Diese Methode soll nur kurz skizzirt werden, weil zu ihrer Ausführung eine nicht unbedeutende Uebung in den einschlägigen Laboratoriumsarbeiten, sowie feinere chemische Apparate nothwendig sind; ausserdem sind auch die mit Hilfe derselben erhaltenen Resultate gerade für die Hygiene nur von zweifelhaftem Werth. Die Methode beruht darauf, dass man mittelst eines Aspirators ein genau bemessenes grösseres Luftquantum durch vorher gewogene mit hygroskopischen Substanzen, wie geschmolzenem Calciumchlorid oder concentrirter Schwefelsäure, in geeigneter Weise beschickte Apparate streichen lässt, in welchen die Luft ihre Feuchtigkeit abgiebt, so dass man durch die Gewichtszunahme der Apparate den Wassergehalt der durchgesogenen Luft erfährt.

2. Apparate, welche auf der Verwendung von Haaren etc. beruhen. Von diesen hat sich das sog. Pfister'sche Haarhygrometer für die Praxis als hinlänglich genau erwiesen. An einem Stativ ist ein vollkommen entfettetes Frauenhaar derartig befestigt, dass es durch eine Rolle seine Verlängerungen und Verkürzungen auf einen Zeiger überträgt, dessen Bewegung man auf einer Scala ablesen kann. Der Nullpunkt dieser Scala entspricht dem Stand des Zeigers in absolut trockener Luft, der mit 100 bezeichnete Punkt einer mit Wasserdampf vollkommen gesättigten Luft. Doch auch die zwischen den beiden Endpunkten befindlichen Grade sind empirisch ermittelt. Das Saussure'sche Haarhygrometer mit Koppe'scher Justirungsvorrichtung ist gleichfalls empfehlenswerth; doch muss es in Zeiträumen von 3—4 Tagen nachgeprüft werden, weil die zur Verwendung kommenden Haare sich schnell verändern.

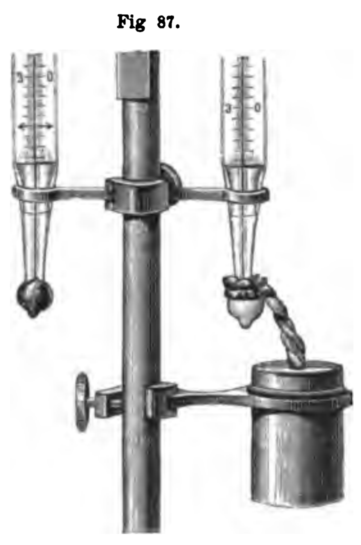
Klinkerfues hat ein ebenfalls vielfach verwendetes Instrument

construirt, das auf demselben Princip beruht, doch soll sich dasselbe in der Praxis nicht bewährt haben [1]).

Auch Wolpert [2]) hat einen Apparat empfohlen, dessen Resultate verlässlich zu sein scheinen. Statt der Haare sind Fäden von Stroh verwendet.

3. Psychrometer. Das von den Meteorologen und Hygienikern am meisten benutzte August'sche Psychrometer beruht auf dem Princip, dass der Grad der Verdunstung einer Flüssigkeit abhängig ist von der Feuchtigkeit der umgebenden Atmosphäre. Je trockener die Luft ist, desto intensiver wird die Verdunstung vor sich gehen, und da bei jeder Verdampfung Wärme verbraucht wird, so hat man in dem Wärmeverbrauch, den man in geeigneter Weise feststellt, ein Maass für die Luftfeuchtigkeit gewonnen. Das Instrument besteht aus zwei an einem Stativ befestigten, gleichartig construirten Quecksilber-Thermometern, von welchen das eine direct die Temperatur der Luft angiebt, während die Quecksilberkugel des anderen mit dicht anliegenden Mousselinstückchen verhüllt ist. Durch einen einerseits in ein mit Wasser gefülltes Gefäss tauchenden, andererseits mit der Hülle der Thermometerkugel in Verbindung stehenden starken Docht wird der Mousselinüberzug gleichmässig und anhaltend feucht erhalten. Nach einiger Zeit wird die Quecksilbersäule des feucht erhaltenen Thermometers sinken, und zwar um so mehr, je grösser das verdunstende Wasserquantum ist, d. h. je trockener die Luft ist. Jedem Instrument ist eine Tabelle beigegeben, mit deren Hilfe aus der Differenz der beiden Thermometeranzeigen unter Rücksichtnahme auf die Lufttemperatur der Feuchtigkeitsgehalt der Luft bestimmt werden kann. Ein sehr verlässliches Instrument ist überdies Daniel's Hygrometer. (Siehe die physikalischen Lehrbücher.)

Fig 87.



Psychrometer nach August.

---

[1]) Bericht über die Untersuchnug der Heizungs- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden etc. Berlin 1879.

[2]) Carl's Repertorium für experiment. Physik. 1873.

III. Nachweis schädlicher gasförmiger Beimengungen der Schulluft.

Von den abnormen gasförmigen Beimengungen der Luft in geschlossenen Räumen hat das Kohlenoxyd am meisten die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, einmal wegen seiner absoluten Giftigkeit, zum anderen, weil die Quelle seines Vorkommens in bewohnten Räumen in Folge mangelhafter Heizvorrichtungen zu suchen ist. Wir werden, wenn wir von der Heizung der Schulzimmer handeln, auf diesen Gegenstand zurückkommen. Der Nachweis des Kohlenoxyds ist, wenn es sich nicht um bedeutendere Mengen handelt, quantitativ bisher noch nicht gelungen, doch hat man für den qualitativen Nachweis sehr genaue Methoden angegeben und die Grenzen der Nachweisbarkeit dieses Gases bestimmt. Bekanntlich wird Kohlenoxyd vom Blut aufgenommen, indem sich der Blutfarbstoff mit dem Gase zu sog. Kohlenoxydhämaglobin verbindet, welches gegen Reagentien und namentlich gegen das Spectroskop ein eigenthümliches Verhalten zeigt. Bringt man Blut mit Kohlenoxyd in innigere Berührung, so nimmt das Blut zunächst eine viel hellere Farbe an. Bringt man zu solchem Kohlenoxydblut ein wenig Natronlauge, so tritt eine schöne rote Färbung ein, während gewöhnliches Blut, ebenso behandelt, missfarbig wird. Eine Mischung von 2 Theilen Natronlauge mit 2½ Theilen Calciumchlorid (1 : 3) färbt Kohlenoxydblut karminroth, gewöhnliches Blut braunroth. — Sehr stark mit Wasser verdünntes Blut (ein kleines Tröpfchen Blut wird so lange mit destillirtem Wasser verdünnt, bis die Flüssigkeit eben noch einen Stich ins Rothe zeigt. — Verhältniss von 1 : 100) zeigt im Absorptionsspectrum zwei scharf abgegrenzte Streifen zwischen den Fraunhofer'schen Linien D und E, im gelbgrünen Theil des Spectrums. Schüttelt man stark verdünntes Blut mit Kohlenoxyd, so erscheinen die beiden Absorptionsstreifen ein wenig blasser, verwaschen und mehr nach links gerückt.

Versetzt man reine Blutflüssigkeit mit wenigen Tropfen einer reducirenden Flüssigkeit (mit Ammoniak und Weinsäure versetzte Eisenvitriolflüssigkeit, Zinnchlorid, Zinnchlorür mit Weinsäure und Ammoniak, Schwefelammonium), so verschwinden die beiden dunkeln Streifen und machen einem breiteren, den Raum zwischen den beiden Linien D und E fast ganz einnehmenden, etwas verwaschenen Streifen Platz. Versetzt man Kohlenoxydblut mit 3—4 Tropfen Schwefelammonium, so verschwinden die beiden Streifen nicht. Vogel giebt als Empfindlichkeitsgrenze dieser Reaction den Nach-

weis von 4 Vol. p. m. an[1]). Hoppe-Seyler schreibt ihr eine viel grössere Empfindlichkeit zu. Jedenfalls ist mit Hilfe derselben Kohlenoxyd im Tabaksrauche und in der Luft von Räumen, in welchen geraucht wird, deutlich nachgewiesen worden.

Durch die Untersuchungen Gottschalk's[2]) und Bischoff's[3]) ist jedoch unzweifelhaft nachgewiesen worden, dass wir in dem Verhalten von Palladiumchlorür gegen Kohlenoxyd ein Mittel haben, um geradezu minimale Mengen dieses Gases nachzuweisen. Lässt man kohlenoxydhaltige Luft durch mit Palladiumchlorürlösung gefüllte Röhren oder besser Liebig'sche oder Geisler'sche Kaliapparate streichen, so tritt eine Reduction des Palladiumchlorürs ein, die sich durch Entstehen eines schwarzen Niederschlages oder bei sehr geringen Mengen durch Bildung eines schwarzen, irisirenden Ringelchens an der Eintrittsstelle des Gases zu erkennen giebt. Gottschalk hatte auf diese Weise 0,22, Bischoff sogar noch 0,07 Volumtheile p. m. nachweisen können. Die zum Versuche verwendete Palladiumchlorürlösung muss selbstverständlich vollkommen klar und darf nicht zu concentrirt sein. Da auch Ammoniak und Schwefelwasserstoff die Palladiumchlorürlösung zersetzen, muss man die zu untersuchende Luft vorher durch Schwefelsäure und dann durch Bleizuckerlösung streichen lassen. Ausser Kohlenoxyd wirken noch manche Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Acetylen, reducirend auf Palladiumchlorür ein. Doch liegt es einerseits in der Natur der Sache, dass die wirklich ausgeführten Untersuchungen meist ein negatives und dann absolut verlässliches Resultat geben werden, andererseits wird (bei positivem Resultate) man wohl solchen Kohlenwasserstoffen nicht minder giftige Eigenschaften zuschreiben müssen als dem Kohlenoxyd, eine Ansicht, welche durch das dem Verhalten des Kohlenoxyds gegen Blut ganz analoge Verhalten des Acetylens, auf welches man seine Giftigkeit zurückführt, unterstützt wird.

Unter abnormen Verhältnissen kann der Schulluft Schwefelwasserstoffgas und schweflige Säure beigemengt sein, welche beide schon in geringer Menge durch den Geruch erkannt werden können. Bräunung oder Schwärzung befeuchteten Bleipapiers, das längere Zeit der fraglichen Luft ausgesetzt wird, zeigt ausserdem

---

[1]) Vogel, Practische Spectralanalyse irdischer Stoffe. Nördlingen 1877.

[2]) Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds in sehr kleinen Mengen und einige Bemerkungen zu der sog. Luftheizungsfrage von Dr. Fr. Gottschalk. Leipzig 1877.

[3]) Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen u. s. w. Berlin 1879.



mit Sicherheit Schwefelwasserstoff an. Bei bedeutendem Gehalt an schwefliger Säure kann man ein grosses Luftquantum durch mit reinem Wasser gefüllte Kugelapparate streichen lassen, welche vorhandene schweflige Säure absorbiren. Das Absorptionswasser, mit Zink und wenig Schwefelsäure versetzt, zeigt bei Anwesenheit dieses Gases den Geruch und die Reaction des Schwefelwasserstoffs, da etwa vorhandene schweflige Säure zu Schwefelwasserstoff reducirt wird.

Ammoniak ist ein fast stets in Spuren der Luft beigemengtes Gas. In grösserer Menge giebt es sich leicht durch den Jedem bekannten stechenden Geruch zu erkennen. Schwach roth gefärbtes, befeuchtetes Lackmuspapier wird in ammoniakhaltiger Luft blau.

Fig. 88.



Apparat zur bacteriologischen Untersuchung der Luft nach Hesse.

Dass salpetrige Säure und durch Oxydation aus dieser entstandene Salpetersäure fast immer spurenweise in der atmosphärischen Luft vorhanden sind, kann man schon durch das Vorkommen dieser beiden Körper in jedem Regenwasser nachweisen. Diese beiden Körper in der Schulluft nachweisen zu wollen, wird wohl Niemand in die Lage kommen.

IV. Untersuchung des Luftstaubes.

Zur qualitativen mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubes leitet man über ein Deckgläschen, auf dem sich ein Tröpfchen Glycerin befindet, einen langsamen Luftstrom; zur quantitativen Bestimmung saugt man ein bestimmtes Volumen Luft durch eine hohe dünne Schicht destillirten Wassers und wiegt nach dem Verdunsten desselben den Rückstand, den man nebenher einer mikroskopischen Prüfung unterwerfen kann.

Zur Bestimmung der Zahl der Luftkeime sind Methoden von Hesse und Petri angegeben. Hesse (Fig. 88) giebt in ein

weis von 4 Vol. p. m. an[1]). Hoppe-Seyler schreibt ihr eine viel grössere Empfindlichkeit zu. Jedenfalls ist mit Hilfe derselben Kohlenoxyd im Tabaksrauche und in der Luft von Räumen, in welchen geraucht wird, deutlich nachgewiesen worden.

Durch die Untersuchungen Gottschalk's[2]) und Bischoff's[3]) ist jedoch unzweifelhaft nachgewiesen worden, dass wir in dem Verhalten von Palladiumchlorür gegen Kohlenoxyd ein Mittel haben, um geradezu minimale Mengen dieses Gases nachzuweisen. Lässt man kohlenoxydhaltige Luft durch mit Palladiumchlorürlösung gefüllte Röhren oder besser Liebig'sche oder Geisler'sche Kaliapparate streichen, so tritt eine Reduction des Palladiumchlorürs ein, die sich durch Entstehen eines schwarzen Niederschlages oder bei sehr geringen Mengen durch Bildung eines schwarzen, irisirenden Ringelchens an der Eintrittsstelle des Gases zu erkennen giebt. Gottschalk hatte auf diese Weise 0,22, Bischoff sogar noch 0,07 Volumtheile p. m. nachweisen können. Die zum Versuche verwendete Palladiumchlorürlösung muss selbstverständlich vollkommen klar und darf nicht zu concentrirt sein. Da auch Ammoniak und Schwefelwasserstoff die Palladiumchlorürlösung zersetzen, muss man die zu untersuchende Luft vorher durch Schwefelsäure und dann durch Bleizuckerlösung streichen lassen. Ausser Kohlenoxyd wirken noch manche Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Acetylen, reducirend auf Palladiumchlorür ein. Doch liegt es einerseits in der Natur der Sache, dass die wirklich ausgeführten Untersuchungen meist ein negatives und dann absolut verlässliches Resultat geben werden, andererseits wird (bei positivem Resultate) man wohl solchen Kohlenwasserstoffen nicht minder giftige Eigenschaften zuschreiben müssen als dem Kohlenoxyd, eine Ansicht, welche durch das dem Verhalten des Kohlenoxyds gegen Blut ganz analoge Verhalten des Acetylens, auf welches man seine Giftigkeit zurückführt, unterstützt wird.

Unter abnormen Verhältnissen kann der Schulluft Schwefelwasserstoffgas und schweflige Säure beigemengt sein, welche beide schon in geringer Menge durch den Geruch erkannt werden können. Bräunung oder Schwärzung befeuchteten Bleipapiers, das längere Zeit der fraglichen Luft ausgesetzt wird, zeigt ausserdem

[1]) Vogel, Practische Spectralanalyse irdischer Stoffe. Nördlingen 1877.

[2]) Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds in sehr kleinen Mengen und einige Bemerkungen zu der sog. Luftheizungsfrage von Dr. Fr. Gottschalk. Leipzig 1877.

[3]) Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen u. s. w. Berlin 1879.



mit Sicherheit Schwefelwasserstoff an. Bei bedeutendem Gehalt an schwefliger Säure kann man ein grosses Luftquantum durch mit reinem Wasser gefüllte Kugelapparate streichen lassen, welche vorhandene schweflige Säure absorbiren. Das Absorptionswasser, mit Zink und wenig Schwefelsäure versetzt, zeigt bei Anwesenheit dieses Gases den Geruch und die Reaction des Schwefelwasserstoffs, da etwa vorhandene schweflige Säure zu Schwefelwasserstoff reducirt wird.

Ammoniak ist ein fast stets in Spuren der Luft beigemengtes Gas. In grösserer Menge giebt es sich leicht durch den Jedem bekannten stechenden Geruch zu erkennen. Schwach roth gefärbtes, befeuchtetes Lackmuspapier wird in ammoniakhaltiger Luft blau.

Fig. 88.



Apparat zur bacteriologischen Untersuchung der Luft nach Hesse.

Dass salpetrige Säure und durch Oxydation aus dieser entstandene Salpetersäure fast immer spurenweise in der atmosphärischen Luft vorhanden sind, kann man schon durch das Vorkommen dieser beiden Körper in jedem Regenwasser nachweisen. Diese beiden Körper in der Schulluft nachweisen zu wollen, wird wohl Niemand in die Lage kommen.

IV. Untersuchung des Luftstaubes.

Zur qualitativen mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubes leitet man über ein Deckgläschen, auf dem sich ein Tröpfchen Glycerin befindet, einen langsamen Luftstrom; zur quantitativen Bestimmung saugt man ein bestimmtes Volumen Luft durch eine hohe dünne Schicht destillirten Wassers und wiegt nach dem Verdunsten desselben den Rückstand, den man nebenher einer mikroskopischen Prüfung unterwerfen kann.

Zur Bestimmung der Zahl der Luftkeime sind Methoden von Hesse und Petri angegeben. Hesse (Fig. 88) giebt in ein

weis von 4 Vol. p. m. an [1]). Hoppe-Seyler schreibt ihr eine viel grössere Empfindlichkeit zu. Jedenfalls ist mit Hilfe derselben Kohlenoxyd im Tabaksrauche und in der Luft von Räumen, in welchen geraucht wird, deutlich nachgewiesen worden.

Durch die Untersuchungen Gottschalk's [2]) und Bischoff's [3]) ist jedoch unzweifelhaft nachgewiesen worden, dass wir in dem Verhalten von Palladiumchlorür gegen Kohlenoxyd ein Mittel haben, um geradezu minimale Mengen dieses Gases nachzuweisen. Lässt man kohlenoxydhaltige Luft durch mit Palladiumchlorürlösung gefüllte Röhren oder besser Liebig'sche oder Geisler'sche Kaliapparate streichen, so tritt eine Reduction des Palladiumchlorürs ein, die sich durch Entstehen eines schwarzen Niederschlages oder bei sehr geringen Mengen durch Bildung eines schwarzen, irisirenden Ringelchens an der Eintrittsstelle des Gases zu erkennen giebt. Gottschalk hatte auf diese Weise 0,22, Bischoff sogar noch 0,07 Volumtheile p. m. nachweisen können. Die zum Versuche verwendete Palladiumchlorürlösung muss selbstverständlich vollkommen klar und darf nicht zu concentrirt sein. Da auch Ammoniak und Schwefelwasserstoff die Palladiumchlorürlösung zersetzen, muss man die zu untersuchende Luft vorher durch Schwefelsäure und dann durch Bleizuckerlösung streichen lassen. Ausser Kohlenoxyd wirken noch manche Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Acetylen, reducirend auf Palladiumchlorür ein. Doch liegt es einerseits in der Natur der Sache, dass die wirklich ausgeführten Untersuchungen meist ein negatives und dann absolut verlässliches Resultat geben werden, andererseits wird (bei positivem Resultate) man wohl solchen Kohlenwasserstoffen nicht minder giftige Eigenschaften zuschreiben müssen als dem Kohlenoxyd, eine Ansicht, welche durch das dem Verhalten des Kohlenoxyds gegen Blut ganz analoge Verhalten des Acetylens, auf welches man seine Giftigkeit zurückführt, unterstützt wird.

Unter abnormen Verhältnissen kann der Schulluft Schwefelwasserstoffgas und schweflige Säure beigemengt sein, welche beide schon in geringer Menge durch den Geruch erkannt werden können. Bräunung oder Schwärzung befeuchteten Bleipapiers, das längere Zeit der fraglichen Luft ausgesetzt wird, zeigt ausserdem

---

[1]) Vogel, Practische Spectralanalyse irdischer Stoffe. Nördlingen 1877.

[2]) Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds in sehr kleinen Mengen und einige Bemerkungen zu der sog. Luftheizungsfrage von Dr. Fr. Gottschalk. Leipzig 1877.

[3]) Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen u. s. w. Berlin 1879.

mit Sicherheit Schwefelwasserstoff an. Bei bedeutendem Gehalt an schwefliger Säure kann man ein grosses Luftquantum durch mit reinem Wasser gefüllte Kugelapparate streichen lassen, welche vorhandene schweflige Säure absorbiren. Das Absorptionswasser, mit Zink und wenig Schwefelsäure versetzt, zeigt bei Anwesenheit dieses Gases den Geruch und die Reaction des Schwefelwasserstoffs, da etwa vorhandene schweflige Säure zu Schwefelwasserstoff reducirt wird.

Fig. 88.



Apparat zur bacteriologischen Untersuchung der Luft nach Hesse.

Ammoniak ist ein fast stets in Spuren der Luft beigemengtes Gas. In grösserer Menge giebt es sich leicht durch den Jedem bekannten stechenden Geruch zu erkennen. Schwach roth gefärbtes, befeuchtetes Lackmuspapier wird in ammoniakhaltiger Luft blau.

Dass salpetrige Säure und durch Oxydation aus dieser entstandene Salpetersäure fast immer spurenweise in der atmosphärischen Luft vorhanden sind, kann man schon durch das Vorkommen dieser beiden Körper in jedem Regenwasser nachweisen. Diese beiden Körper in der Schulluft nachweisen zu wollen, wird wohl Niemand in die Lage kommen.

IV. Untersuchung des Luftstaubes.

Zur qualitativen mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubes leitet man über ein Deckgläschen, auf dem sich ein Tröpfchen Glycerin befindet, einen langsamen Luftstrom; zur quantitativen Bestimmung saugt man ein bestimmtes Volumen Luft durch eine hohe dünne Schicht destillirten Wassers und wiegt nach dem Verdunsten desselben den Rückstand, den man nebenher einer mikroskopischen Prüfung unterwerfen kann.

Zur Bestimmung der Zahl der Luftkeime sind Methoden von Hesse und Petri angegeben. Hesse (Fig. 88) giebt in ein

weis von 4 Vol. p. m. an [1]). Hoppe-Seyler schreibt ihr eine viel grössere Empfindlichkeit zu. Jedenfalls ist mit Hilfe derselben Kohlenoxyd im Tabaksrauche und in der Luft von Räumen, in welchen geraucht wird, deutlich nachgewiesen worden.

Durch die Untersuchungen Gottschalk's [2]) und Bischoff's [3]) ist jedoch unzweifelhaft nachgewiesen worden, dass wir in dem Verhalten von Palladiumchlorür gegen Kohlenoxyd ein Mittel haben, um geradezu minimale Mengen dieses Gases nachzuweisen. Lässt man kohlenoxydhaltige Luft durch mit Palladiumchlorürlösung gefüllte Röhren oder besser Liebig'sche oder Geisler'sche Kaliapparate streichen, so tritt eine Reduction des Palladiumchlorürs ein, die sich durch Entstehen eines schwarzen Niederschlages oder bei sehr geringen Mengen durch Bildung eines schwarzen, irisirenden Ringelchens an der Eintrittsstelle des Gases zu erkennen giebt. Gottschalk hatte auf diese Weise 0,22, Bischoff sogar noch 0,07 Volumtheile p. m. nachweisen können. Die zum Versuche verwendete Palladiumchlorürlösung muss selbstverständlich vollkommen klar und darf nicht zu concentrirt sein. Da auch Ammoniak und Schwefelwasserstoff die Palladiumchlorürlösung zersetzen, muss man die zu untersuchende Luft vorher durch Schwefelsäure und dann durch Bleizuckerlösung streichen lassen. Ausser Kohlenoxyd wirken noch manche Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Acetylen, reducirend auf Palladiumchlorür ein. Doch liegt es einerseits in der Natur der Sache, dass die wirklich ausgeführten Untersuchungen meist ein negatives und dann absolut verlässliches Resultat geben werden, andererseits wird (bei positivem Resultate) man wohl solchen Kohlenwasserstoffen nicht minder giftige Eigenschaften zuschreiben müssen als dem Kohlenoxyd, eine Ansicht, welche durch das dem Verhalten des Kohlenoxyds gegen Blut ganz analoge Verhalten des Acetylens, auf welches man seine Giftigkeit zurückführt, unterstützt wird.

Unter abnormen Verhältnissen kann der Schulluft Schwefelwasserstoffgas und schweflige Säure beigemengt sein, welche beide schon in geringer Menge durch den Geruch erkannt werden können. Bräunung oder Schwärzung befeuchteten Bleipapiers, das längere Zeit der fraglichen Luft ausgesetzt wird, zeigt ausserdem

[1]) Vogel, Practische Spectralanalyse irdischer Stoffe. Nördlingen 1877.
[2]) Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds in sehr kleinen Mengen und einige Bemerkungen zu der sog. Luftheizungsfrage von Dr. Fr. Gottschalk. Leipzig 1877.
[3]) Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen u. s. w. Berlin 1879.



mit Sicherheit Schwefelwasserstoff an. Bei bedeutendem Gehalt an schwefliger Säure kann man ein grosses Luftquantum durch mit reinem Wasser gefüllte Kugelapparate streichen lassen, welche vorhandene schweflige Säure absorbiren. Das Absorptionswasser, mit Zink und wenig Schwefelsäure versetzt, zeigt bei Anwesenheit dieses Gases den Geruch und die Reaction des Schwefelwasserstoffs, da etwa vorhandene schweflige Säure zu Schwefelwasserstoff reducirt wird.

Ammoniak ist ein fast stets in Spuren der Luft beigemengtes Gas. In grösserer Menge giebt es sich leicht durch den Jedem bekannten stechenden Geruch zu erkennen. Schwach roth gefärbtes, befeuchtetes Lackmuspapier wird in ammoniakhaltiger Luft blau.

Fig. 88.



Apparat zur bacteriologischen Untersuchung der Luft nach Hesse.

Dass salpetrige Säure und durch Oxydation aus dieser entstandene Salpetersäure fast immer spurenweise in der atmosphärischen Luft vorhanden sind, kann man schon durch das Vorkommen dieser beiden Körper in jedem Regenwasser nachweisen. Diese beiden Körper in der Schulluft nachweisen zu wollen, wird wohl Niemand in die Lage kommen.

IV. Untersuchung des Luftstaubes.

Zur qualitativen mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubes leitet man über ein Deckgläschen, auf dem sich ein Tröpfchen Glycerin befindet, einen langsamen Luftstrom; zur quantitativen Bestimmung saugt man ein bestimmtes Volumen Luft durch eine hohe dünne Schicht destillirten Wassers und wiegt nach dem Verdunsten desselben den Rückstand, den man nebenher einer mikroskopischen Prüfung unterwerfen kann.

Zur Bestimmung der Zahl der Luftkeime sind Methoden von Hesse und Petri angegeben. Hesse (Fig. 88) giebt in ein

60—70 cm langes und 3 cm weites Glasrohr, das am einen Ende mit einem durchbohrten Gummistopfen, am anderen mit einer durchlochten Gummikappe versehen ist, Nährgelatine und vertheilt diese so, dass etwa der vierte Theil des Rohres bedeckt ist. Ist die Gelatine erstarrt, so wird mit Hilfe eines Aspirators, der aus zwei mit Wasser gefüllten, heberartig wirkenden Flaschen besteht, ein langsamer Luftstrom durch das Rohr gesogen; hierbei inficiren die Luftkeime die Gelatine, wachsen zu Colonien aus und werden gezählt und untersucht.

Petri füllt in ein 1,5 cm weites Glasrohr eine etwa 3 cm starke Schicht sterilisirten feinen Sandes oder Glaspulvers, schliesst diese Schicht an jedem Ende durch engmaschige Drahtnetze ab und saugt Luft durch. Der mit den Keimen inficirte Sand wird wie gewöhnlich auf Gelatineplatten ausgesät.

Was die Zahl der in der Luft enthaltenen Keime betrifft, so schwankt dieselbe bedeutend. Auch lässt sich aus der gefundenen Zahl nicht ohne Weiteres auf die Beschaffenheit der Luft schliessen, da die Vertheilung der Keime in der Luft eine zu ungleichmässige ist und von zu vielen nicht immer gleich erkennbaren Factoren abhängig ist.

Da der organische Staub begierig Sauerstoff aufnimmt, so ist er im Stande, eine Lösung von Kaliumpermanganat zu reduciren, was an der Entfärbung der rothen Lösung zu ersehen ist. Uffelmann weist darauf hin, dass eine staubige Luft nicht mehr als genügend rein erachtet werden kann, wenn für 1 000 000 Raumtheile derselben mehr als 12 Raumtheile Sauerstoff zur Oxydation nöthig sind.

Damit dürfte das Wichtigste über die Untersuchung der Schulluft mitgetheilt sein.

Für diejenigen, welchen die hygienische Beaufsichtigung der Schulen und auch die Untersuchung der Schulluft obliegt, wird sich das auf p. 377 beigefügte Schema als zweckmässig erweisen, nach welchem die Eintragungen der gefundenen Resultate gemacht werden können.

Nr.	Datum	Ort	Tageszeit	Lage des Schulzimmers		Grösse				Fenster			Thüren		Heizungsvorrichtung	Ventilation		Schülerzahl		Künstliche Beleuchtung		Sind Kleider im Schulzimmer?	Bemerkungen
				Himmelsrichtung	Stockwerk	Länge	Tiefe	Höhe	Cub.-Raum	Wie viel?	Q.-Fläche	Lage nach Himmelsrichtung	Wie viel?	Q.-Fläche		Spontane	Künstliche	Wie viele?	Wie lange Aufenthalt?	Welcher Art?	Wie lange?		

Temperatur		Barometer	Windrichtung	Witterung		Relative Feuchtigkeit		Eindruck auf die Geruchsnerven		Kohlensäuregehalt		Schwefelwasserstoff	Kohlenoxyd	Ammoniak	Organische Beimischungen	Mikroskop. und bacteriolog. Staubuntersuchungen	Bemerkungen
im Freien	im Zimmer				Regen	im Freien	im Zimmer	Anfangs	nach Stdn.	Anfangs	nach Stdn.						

H. Heizung der Schulzimmer.

Literatur[1]).

(Heizung und Ventilation.)

Schinz, C., Die Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden.
Euler aus Kaiserslautern. Heizung und Ventilation. Industrieblätter 1871.
Niemeyer, P., Medicinische Abhandlungen. Bd. III. p. 213 ff.
Deutsche Bauzeitung 1876. Nr. 19.
Henneberg, Ergebnisse in der Heizperiode 1869/70 in Berlin. Berliner Communalbl. 1870, Beilage 2.
Herter, Ventilation öffentlicher Gebäude. Viertelj. für gerichtliche Medicin XXI, 2. (Daselbst auch XVI ausgiebige Literaturangaben.)
Birlee, Ventilation eines gewöhnlichen Schulzimmers. Public Health III. p. 591.
Crespi, Ventilation öffentl. Gebäude. Public Health III. p. 372.
Kopp, Heizungs- und Ventilationseinrichtungen im Schulhause Enge. Bl. f. Gesundheitspfl. IV. p. 41, 55.
Meidinger, Ventilirender Regulator der Ofenhitze. Gesundheit I. p. 101.
Pinzger, Ventilation bewohnter Räume und Einfluss der Beleuchtung auf Verschlechterung der Luft. Zeitschr. d. Ver. d. Ing. p. 302.
Schmidt, Rudolf, Der Meidinger- und Wolpertofen. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. VII. p. 385.
Tobin's Ventilationssystem. Sanitary Record II. p. 272.
Virchow, Gutachten der wissenschaftl. Deputation über zweckmässigste Heizung und Ventilation der Schulzimmer. Viertelj. f. ger. Med. XXII. p. 288.
Ventilation und Ventilatoren. Public Health III. p. 91.
Ventilationsheizung mit Zimmeröfen. Deutsche Bauzeitung Nr. 17 und Niederrh. Corresp.-Bl. IV. p. 125.
Haesecke, Abhandl. über Ventilation mit Heizung. Berlin 1876.
Fischer, H., Heizung und Ventilation geschlossener Räume. Ausstellung in Brüssel. Dingler's polytechn. Journal XXII. p. 1.
Hoh, Centralheizungen. Gesundheit I, p. 195, II, p. 19.
Reinhard, J. H., Ueber Luftheizungen. Niederrh. Corresp.-Bl. f. öff. Gesundheitspfl. V. p. 49.
Meusinga, Giftige Luft in Schule und Haus. Vorwort von L. F. Möller. Flensburg 1877.
Fischer, H., Bericht über die Ausstellung von Heizungs- und Lüftungsanlagen in Cassel. Dingler's polyt. Journal. Bd. 225 u. 226.
Heizungs- und Lüftungssystem des Eisenwerkes Kaiserslautern. 1877 u. 1880.
Kayser, Nachtheile der Luftheizung. Gesundheit II. p. 147.
Baltes und Finkler, Behinderung der Mauerventilation durch Oelanstrich. Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr. VI. p. 147.
Oertmann, idem ibidem. p. 557.
Reclam, Wie man heizt. Gesundheit II. p. 13.

[1]) S. auch die Literatur bei dem Abschnitt: G. Luft in Schulzimmern, p. 318 ff.



Idem, Vertheilung der Kohlensäure in der Luft. — Ventilation und Luftheizung. Gesundheit II. p. 194.
Spruyt, Heizung und Ventilation der Gebäude. Arch. méd. belg. Nr. 1. Januar 1877.
Swan, J. W., Ventilation. Public Health VII. p. 109.
Tudor, Menge und Qualität der frischen Luft bei Ventilation. Public Health VII. p. 271.
Voit, E., und J. Förster, Studien über die Heizungen in den Schulhäusern Münchens. Zeitschr. f. Biologie XIII. p. 1, 305.
Hesse, F. W. u. W., Vorschlag, die exorbitante Verunreinigung der Schulluft hinanzuhalten. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. X. p. 728.
Banner, System zur Verbesserung der Ventilation. Sanitary Record IX.
Eulenburg, H., Luftuntersuchung und Lufterneuerung. Viertelj. f. ger. Med. XXIX. p. 150.
Greven, Neuer Lüftungsapparat. Deutsche Bauzeitung XII. p. 213.
Hesse, Zur Schul-, Fabriks- und Wohnungshygiene. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. X. p. 265.
Jacobsthal, Max, Untersuchungen über Luft- und Ofenheizung. Niederrhein. Correspondenzbl. f. öff. Gesundheitspfl. VII. p. 163.
Lang, Natürliche Ventilation und Porosität der Baumaterialien. Vierteljahreschr. f. öff. Gesundheitspfl. X. p. 334.
Lönholdt, Neue Lüftungseinrichtung. Deutsche Bauzeitung XII. p. 195.
Loewer, Ausstellung von Heiz- und Ventilationsanlagen in Cassel. Deutsch. milit.-ärztl. Zeitschr. VII.
Müller, Alexander, Arbeiten betreffend Heizung und Ventilation in den städtischen Schulen Berlins. Viertelj. f. ger. Medicin XXVIII, p. 340, XXIX, p. 165.
Phipson, Heizung und Ventilation der Universität in Glasgow. Engineering XXVI. p. 372.
Reclam, Eine Durchfeuchtung der Luft bei Centralluftheizung. Gesundheit IV.
Rietschel, Luftheizung. Deutsche Zeitschr. f. prakt. Medicin. p. 595.
Staebe-Wolpert, Preisschrift über die zweckmässigsten Ventilationssysteme. (Ref. Deutsche Bauzeitung XII. p. 186.)
Ventilation auf der Pariser Ausstellung. Engineering XXVI. p. 338.
Weiss, Natürliche Ventilation und Porosität der Baumaterialien. Civilingenieur XXIV. p. 205.
Wolpert, Leitfaden zum Verständniss der Heizungs- und Ventilationsapparate. Wochenschr. f. deutsche Ingenieure 1879. p. 146.
Rietschel, H., Schulheizung. Polytechn. Buchhandlung. Berlin 1880.
Voller, Luftwechsel und Beschaffenheit der Luft in den ventilirten Räumen des Johanneums. Hamburg 1880.
Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880.
Périsse, S., Mémoire sur le chauffage et la ventilation de l'école Monge. Paris 1880.
Degen, L., Praktisches Handbuch der Ventilation und Heizung in öffentl. und Privatgebäuden nach dem System der Aspiration.
Giesecke, Heizung und Ventilation im neuen Polytechnicum im Welfenschlosse zu Hannover. Wochenschr. d. Ver. D. Ingenieure. p. 66.
Heiz- und Lüftungsanlagen. Projecte für die Anlagen im Gebäude der neuen technischen Hochschule zu Berlin. Deutsche Bauzeitung XIII. p. 63, 83, 93.

Heller, Luftheizung. Vierteljahreschr. f. gerichtl. Med. XXXI. p. 160.
Wiel, Verbesserung des Augus Smith'schen Apparates zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Zimmerluft. Viertelj. f. öff. Gesundheitspflege XI. p. 235.
Wolffhügel, Kohlenoxyd und gusseiserne Oefen. Deutsche med. Wochenschrift V. p. 211.
Gusseiserne Oefen. Gefahr der Vergiftung durch Kohlenoxyd. Gesundheit IV. p. 226.
Constantine, Joseph, Practical Ventilation and Warming. Churchill. London 1881.
Kuborn, Note sur le chauffage des salles-d'école. Bruxelles. H. Manceaux.
Bouwet, Verschiedene Feuchtigkeitsgrade in geheizter Luft. Revue d'Hygiène II. 1881. p. 92.
De Chaumont, Luftcubus in den Schulen. Congr. intern. de l'enseignement. Bruxelles, 61 Sect. p. 29.
Deckeyser, Bericht über Zimmerventilation etc. Ibidem p. 67.
Ellison, Ventilation. Lage der Ein- und Auslässe. Rep. of the Congr. of the San. Inst. of the Gr. Brit. I, 163.
Fleck, Bewegung der Luft in erwärmten resp. ventilirten Räumen. Industriezeitung. p. 214.
Untersuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen der Schulen in Darmstadt 1, p. 107. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. XXV, p. 450.
Kachelofen-Schulheizung in Berlin. Rohrleger III. p. 71, 82, 97, 116.
Käuffer, Luftheizung für Schulen. Rohrleger III. p. 51.
Mowry, Ventilation von Schulhäusern. Rep. of the Board of Health of Rhode-Island II. p. 261.
Oidtmann, Gasige Verunreinigung der Schulluft. Journ. f. öff. Gesundheitspfl. IV, 1.
Schulheizungsfrage. Rohrleger III. p. 176.
Staples, Schulventilation. Plumber III. p. 294.
Vallin, Vertheilung der Heizung. Revue d'Hygiène. p. 745.
Neuer Ventilationsapparat. Rohrleger III. p. 201.
Wazon, Ventilation in Schulen. Congr. intern. de l'enseignement. Bruxelles, 61. Sect. p. 51.
Wiman, Heiz- und Ventilationsapparate. Sundh-Colt. Berättelse. p. 88.
Biefel und Polek, Kohlendunst- und Leuchtgasvergiftung. Centralbl. f. med. Wissensch. XIX. p. 524.
Fodor, Vorzüge und Nachtheile der Luftheizungen. Wiener med. Wochenschr. XXXI. p. 1435.
Heizung und Ventilation der École Monge in Paris. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ingen. XXV. p. 121.
Heizung und Ventilation f. ein Gymnasium, ibid. XXV. p. 388.
Heuser, Ventilation in Schul- und Wohnräumen mit Rücksicht auf die ökonomische Leistung. Correspondenzbl. d. Niederrh. Ver. f. öff. Gesundheitspfl. X. p. 144.
Higgins, Ventilation von Schulräumen. Pop. sc. Month. XIX. p. 531.
Luftheizung in Schulen. Deutsche Bauzeitung XV. p. 83.
Müller, Schmölcke's patentirter Ventilationsofen. Deutsche Bauzeitung XV. p. 341.
Ploss, Sammlung von Urtheilen über Ventilation und Heizung in Schulen. Gesundheits-Ingenieur IV. p. 565, 597.

Remsen, Gefahren von Kohlenoxyd in Räumen, die mit eisernen Oefen geheizt werden. Nat. Board of Health II. p. 857.
Taylor, Ventilation von Schulzimmern. Rep. of the Board of Health of South-Carolina II. p. 283.
Ventilationsapparat mit Wasserstrahlbetrieb. D. Bauztg. XV. p. 147.
Wagner, Zum Kapitel der Schulheizung. D. Bauzeitung XV. p. 42 u. 472.
Wolpert, Zum Kapitel Schulheizung. D. Bauzeitung XV. p. 250.
Wolffhügel, Die Heizung, im Handbuch des öffentlichen Gesundheitswesens von Eulenberg. 1881. Mit reichlichen Literaturangaben bis auf die jüngste Zeit.
Deutsche Bauzeitung 1881, Nr. 36. Ofen von Beyer.
dto. dto. 1882, Nr. 82. Paragon (Ventilationsapparat).
Gruber, M., Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxyds und sein Vorkommen in Wohnräumen. Archiv für Hygiene. 1883. Bd. I. p. 145—168.
Rietschel, Bericht über die an den Heizanlagen verschiedener höherer Lehranstalten während der Winter 1882/83 und 1883/84 gemachten Beobachtungen und angestellten Untersuchungen. In Schneider und v. Bremen, Das Volksschulwesen im preuss. Staate. Bd. II. p. 675 ff.
Erlass des preuss. Unterrichts.-Min. vom 12. Dez. 1883 über Heizsysteme für höhere Unterrichtsanstalten. Centralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. Bd. III. 1884. p. 207 ff.
Ahrendts, Die Centralheizungen für Wohnhäuser, öffentliche Gebäude etc. Leipzig 1885.
Rietschel, Lüftung und Heizung von Schulen. Ergebnisse im amtlichen Auftrage ausgeführter Untersuchungen, sowie Vorschläge über Wahl, Anordnung und Ausführung von Lüftungs- und Heizungsanlagen für Schulen. Berlin 1886.
Romstorfer, Die Lufterneuerung in Lehrsälen und Schulwerkstätten. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1888. p. 235 ff.
Petri, Nachweis des Kohlenoxyds und der Vergiftungsgefahr bei den transportablen sog. Karbonnatronöfen. Verhandl. der Deutschen Gesellsch. f. öff. Gesundheitspfl. 1888. p. 53 ff.
Kugler, Heizung, Lüftung und Reinigung der Schulen. Zeitschr. für Schulgesundheitspfl. 1889. p. 523.
v. Esmarch, Fernmessinductor von Mönnich. Verhandl. d. Deutschen Gesellsch. f. öff. Gesundheitspfl. in Berlin. 1891. p. 67.
Breckling, Die Luftheizung in Hamburger Schulen. Zeitschr. für Schulgesundheitspflege. 1891. p. 157.
Beraneck, Ueber Lüftung und Heizung, insbesondere von Schulhäusern durch Niederdruck-Dampfheizung. Wien 1892.
Haesecke, Die Schulheizung, ihre Mängel und deren Beseitigung. Berlin 1893.
Wolffhügel, Zur Lehre vom Luftwechsel. München 1893.
Voit, Hygienische Anforderungen an Heizanlagen in Schulhäusern. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1893. p. 1 ff.
Haase, J. H., Die Lüftungsanlagen. Erläuterung der Grundprincipien, welche bei der Einrichtung von Lüftungsanlagen zu beachten sind, nebst kurzer Beleuchtung der verschiedenen Heizungssysteme. Stuttgart 1893.
Habermann, Ueber Gasheizung, Gaspreise etc. Gesundheits-Ingen. 1894. Nr. 3.
Rietschel, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. Berlin 1894.

Jahresbericht des Landes-Medicinalcollegiums über das Medicinalwesen im Königreich Sachsen auf das Jahr 1894.
Beheizung der städtischen Schulen Wiens. Vom Wiener Stadtrath. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1894. p. 158.
Rubner, M., Lehrbuch der Hygiene. Systematische Darstellung der Hygiene und ihrer wichtigsten Untersuchungsmethoden. 5. Auflage. Leipzig und Wien 1895.
Die Grundprincipien einer zweckmässigen Lüftung. Zeitschr. für Lüftung und Heizung. 1895. Nr. 1.
v. Esmarch, E., Hygienisches Taschenbuch für Medicinal- und Verwaltungsbeamte, Aerzte, Techniker und Schulmänner. Berlin 1896.
Käuffer, Fortschritte in der Erwärmung und Lüftung bewohnter Räume. Gesundheits-Ing. 1896. Nr. 3 u. 4.
Hartmann, Neuere Heizungseinrichtungen. Ebenda. 1896. Nr. 6—10.
Rietschel, Bericht über das Ergebniss des Preisausschreibens, betreffend Wärmeabgabe von Heizkörpern. Ebenda. 1896. Nr. 20.
Schmidt, K., Heizung und Ventilation (In Weyl's Handbuch der Hygiene). Jena 1896.
Ueber Niederdruck-Dampfheizungen ausser Deutschland. Zeitschrift f. Heizungs-, Lüftungs- u. Wasserleitungstechnik. 1896. Nr. 2 ff.
Meidinger, Gasheizung im Vergleich zu anderen Einzelheizsystemen. Deutsche Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. 1896. p. 126 ff.
Siemens, F., Der Regenerativ-Gasheizofen mit Leuchtgasbetrieb. Bericht über den Budapester Congress für Hygiene und Demogr. Budapest 1896. Bd. IV. p. 556 ff.
Rietschel, Die Auswahl des Ventilationssystems für Schulen, Theater, Kirchen u. s. w. Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. öff. Gesundh. 1897. Nr. 2.
Boettger, Der Fernmessinductor von Mönnich. Sonderabdr. aus dem „Centralblatt der Bauverwaltung". Berlin.

Ausserdem in den schon genannten Werken, s. Literaturverzeichniss p. 34 ff.

Wollten wir in logischer Gedankenfolge der bisherigen Auseinandersetzung über die Schulluft Weiteres anreihen, so träte an uns jetzt die Frage heran, mit welchen Mitteln wir den geschilderten Momenten der Luftverderbniss in Schulzimmern entgegenarbeiten könnten, um gesunde und normal zusammengesetzte Luft zu erhalten. Die Antwort würde in directer Linie durch die Erörterung der Lehre von der Ventilation gegeben. Diesen Weg der Darstellung zu gehen ist jedoch unpraktisch, ja fast unmöglich, weil, wie wir sehen werden, ein wesentlicher Factor der Luftverbesserung in den Temperaturdifferenzen der Innenluft des Schulzimmers und der Aussenluft der Atmosphäre zu suchen ist; so bleibt uns kaum etwas anderes übrig, als vorher die Mittel anzugeben, welche es uns ermöglichen, der Schulluft eine andere Temperatur zu geben, als

die Aussenluft hat, d. h. sie entweder zu erwärmen oder abzukühlen.

Für unsere klimatischen Verhältnisse hat das erstere Moment, die Heizung, ein weitaus grösseres Interesse, weil wir factisch viel seltener genöthigt werden, unsere Zimmer kühler zu machen als die Aussenluft, um Temperaturdifferenzen zu erzielen; demnach haben wir vorerst der Heizung eingehende Aufmerksamkeit zu schenken. Indem wir hierbei, wie selbstverständlich, bezüglich der rein technischen Fragen auf die Fachschriften verweisen, haben wir unserer Aufgabe gemäss vorzugsweise die hygienischen Gesichtspunkte zu erörtern und die Anforderungen der Gesundheitspflege zu formuliren.

Die Anforderungen der Hygiene an die Technik bezüglich der Heizung lassen sich in folgende Punkte zusammenfassen:

1) Es soll in verhältnissmässig kurzer Zeit eine Temperatur von 14—16° R. (17,5—20° C.) hergestellt werden, und die Temperatur soll andauernd bleiben, so lange die Kinder sich in der Schule aufzuhalten haben.
2) Die Temperatur des Raumes soll gleichmässig, an möglichst allen Punkten dieselbe sein; deshalb darf die Erwärmung nicht durch Strahlung, sondern muss vorzugsweise durch Leitung geschehen.
3) Die Luft des durchheizten Raumes muss möglichst der atmosphärischen Luft gleich bleiben; daher darf durch die Heizung weder der Luft des Schulraumes ein integrirender Bestandtheil genommen werden, noch darf dieselbe anomale Beimischungen erhalten.
4) Der Heizapparat muss leicht zu bedienen sein; der Betrieb muss gefahrlos und Anlage sowohl als auch dauernde Benutzung dürfen nicht zu kostspielig sein; insbesondere ist der möglichst grösste Nutzeffect für den sub I genannten Zweck aus dem angewandten Brennmaterial zu ziehen.

1) Der gesunde menschliche Organismus hat eine Temperatur von 37,5° C. Diese Temperatur wird durch eigenthümliche, höchst complicirte regulatorische Einrichtungen des Organismus nahezu constant erhalten, indem durch den Stoffwechsel so viel Wärme erzeugt wird, als durch Leitung, Strahlung und Verdunstung, insbesondere von Haut und Lunge, an die Umgebung abgegeben wird. Störungen sowohl in der Wärmeerzeugung, wie in der zu hoch gesteigerten Ausgabe der Wärme werden höchst unangenehm empfunden. Erfahrungsgemäss befindet sich der ruhende

menschliche Körper in einem geschlossenen Raume am wohlsten bei einer Temperatur von 14—16° R. (17,5—20° C.); daher erscheint es gerechtfertigt, in erste Linie eine Forderung zu stellen, welche aus der gesammten Wärmeökonomie unseres Organismus hervorgegangen ist. Hierbei ist aber vorausgesetzt, dass nicht etwa durch gesteigerte Verdunstung oder durch energische Leitung und Strahlung besondere Anforderungen an die Wärmeerzeugung gestellt oder dem Organismus besondere Wärmeausgaben zugemuthet werden; es ist aber auch ferner vorausgesetzt, dass auch die Wärmeabgabe nicht behindert wird, dass vielmehr weder durch Anhäufung grosser Menschenmassen auf engem Raume das Wärmestrahlungsvermögen beeinflusst, noch durch Sättigung der Luft mit Wasserdampf die durch Verdunstung ermöglichte Wärmeabgabe verhindert ist, noch endlich, dass durch zu träge Ruhe der Luftmenge des Raumes die durch Leitung bedingte Wärmeabgabe gestört ist; mit einem Worte, dass die Mittel der Wärmeregulirung, welche dem menschlichen Organismus zum Theil durch seine Organisation selbst, aber auch durch die Beschaffenheit seiner Umgebung, wobei die Kleidung vor Allem mit einzurechnen ist, zu Gebote stehen, nicht genommen oder auch nur in störender Weise beeinflusst sind.

Während wir nun die Frage der gesteigerten Verdunstung vorläufig ausser Augen lassen, um später darauf zurückzukommen, ist bezüglich der Wärmemenge, welche der menschliche Organismus in einem geschlossenen Raume durch Leitung abzugeben hat, hervorzuheben, dass dieselbe in dem Maasse gesteigert ist, als die umgebende Luft niedriger temperirt ist als der Organismus selbst, und als die Quantität der so niedriger temperirten Luftmenge beträgt, die in der Zeiteinheit mit dem menschlichen Körper in Berührung kommt. Es wird also am meisten Wärme abgegeben, wenn der Körper sich gleichsam in einem kühlen Luftstrome oder, mit Rücksicht auf die Zimmeratmosphäre zu sprechen, in einem kalten ventilirten Zimmer befindet.

Die Wärmeverluste des menschlichen Körpers durch Strahlung sind in einem geschlossenen Raume um so intensiver, je weniger den Wänden des Raumes und den den Raum erfüllenden Gegenständen (Möbeln etc.) die Möglichkeit geboten worden ist, sich mit der Lufttemperatur des Raumes ins Gleichgewicht zu setzen, oder je mehr Wärme sie für etwa statthabende Wasserverdunstung absorbiren. Daher empfindet man selbst in rasch angeheizten Räumen die Nähe der kalten Wände höchst unangenehm und um so mehr,

als die Wärmeentziehung nicht, wie bei den Wärmeverlusten durch Leitung, eine gleichmässige, sondern mehr locale, ungleichmässige ist.

In dieser Beziehung werden die Wärmeverluste unseres Organismus um so geringer sein, je gleichmässiger der Betrieb der Heizeinrichtung erfolgt. Aus diesem Grunde ist der andauernde Betrieb oder die • nur seltene Unterbrechung desselben besser, als wenn während der Nacht die Heizung ruht. In einem Zimmer, welches ununterbrochen geheizt wird, ist der Aufenthalt angenehmer als in einem täglich von neuem geheizten; die Wände kühlen nicht ab, behalten vielmehr ihre gleichmässige Wärme; die Luft wird an den Wänden langsamer abgekühlt.

In so weit sind die Beziehungen des menschlichen Organismus zu seiner Umgebung, was die Wärmeabgabe betrifft, klar. Allerdings ist das Wohlbefinden des einzelnen Menschen bezüglich der Temperatur der Umgebung vielfach individuellen Empfindungen unterworfen, und von dem einen wird die Quantität der abzugebenden Wärme für zu gering empfunden, welche dem anderen schon zu gross erscheint; so findet der eine den Raum zu kalt, welchen der andere schon für zu warm hält. Hier spielen Gewohnheit, Uebung der wärmeregulirenden Mechanismen des Körpers und ganz besonders die Kleidung eine hervorragende Rolle. — Für solche Räume, welche, wie die Schule, dazu bestimmt sind, einer grösseren Menschenmenge längere Zeit hindurch zum Aufenthalt zu dienen, müssen nun diese individuellen Empfindungen in den Hintergrund treten, und als Norm muss dasjenige Mittel gelten, welches erfahrungsgemäss als das zumeist zweckmässige erkannt ist, und dies ist eben die oben angegebene Temperatur des Raumes von 14—16° R. (17,5 bis 20° C.).

In einem unbenutzten Klassenzimmer lässt sich diese Temperatur ohne Schwierigkeit erreichen und dauernd erhalten. Sobald jedoch das Zimmer benutzt wird, tritt eine Reihe von Umständen ein, welche die Gleichmässigkeit der Temperatur stören und welche auch bei der grössten Sorgfalt des Heizers nicht zu vermeiden sind. Es kommen hierbei in Betracht die Anzahl der Schulkinder, das mehr oder minder häufige Oeffnen und Offenlassen der Thüren, die künstliche Beleuchtung u. s. w. (Beraneck). Daher muss ein Spielraum von nicht zu weiten Grenzen gesetzt werden, innerhalb dessen die Temperatur der Zimmer sich bewegen darf, aber auch verbleiben muss. Die amtlichen „Wiener Vorschriften für den Heiz- und Lüftungsbetrieb“ setzen fest, dass die Temperatur zu Beginn

der Unterrichtszeit 16° C. betragen und während des Unterrichts nicht 19° C. übersteigen soll.

Um diese Temperatur so zu schaffen, dass alle Gegenstände des Raumes, mit Einschluss der Wände, gleichsam von derselben durchdrungen sind und darin beharren, ist für die Technik die Kenntniss ebensowohl derjenigen Wärmemengen nothwendig, welche von den Umgebungen des Raumes, den Fenstern, Wänden etc., an die Aussenatmosphäre transmittirt werden, wie derjenigen, welche absorbirt werden. Es ist ferner die Kenntniss des höchsten Leistungsvermögens des angewandten Brennmaterials nothwendig, ebenso auch des Transmissionsvermögens und Reservationsvermögens der zur Heizung angewandten Medien. Ohne auf diese, eine specielle Wissenschaft ausmachenden Verhältnisse des Näheren hier eingehen zu wollen, sei nur Folgendes hervorgehoben: Die Wärmeverluste durch Transmission steigern sich in dem Maasse, als die zu beheizenden Räume mit Fenstern und Thüren versehen sind, welche direct mit der Aussenluft oder auch mit niedriger temperirten Räumen communiciren; sie sind andererseits abhängig von der Himmelsrichtung, von Windströmungen, von Sonnenschein und Temperaturverhältnissen der Aussenluft. Ihnen allen wird bei Bemessung der dem Raume zuzuführenden Wärmemenge Rechnung getragen werden müssen, und aus den früher schon (p. 77) erläuterten Momenten wird klar sein, dass unter fast gleichen Verhältnissen nach Norden gelegene Zimmer von Hause aus grösserer Mengen zuzuführender Wärme bedürfen als solche, welche nach Süden oder Südost liegen.

Von hervorragender Bedeutung für die Quantität der zuzuführenden Wärme ist die Beschaffenheit der Wände. Dieselben absorbiren, wie schon Péclet[1]) darthut und auch Flügge's Untersuchungen gelehrt haben, bei Beginn der Heizung eine grössere Quantität der zugeführten Wärme, bis sie in eine Art von Beharrungsvermögen gekommen sind und so viel Wärme an die äussere Luft abführen, als ihnen vom Zimmerraum her zugeführt wird; mit dem Aufhören der Heizung geben dieselben alsdann die gleichsam aufgespeicherte Wärme an die Gegenstände und die Luft des Zimmers wieder ab; sie üben weiterhin, je nach dem Gehalt an Wasser, einen wesentlichen Einfluss auf die Durchwärmung des Raumes, indem sie einen grossen Theil der erzeugten Wärme zur Verdunstung des Wassers bieten. Dieser Eigenthümlichkeit der Wände ist es zuzu-

---

[1]) A. a. O. p. 434.



schreiben, dass Räume, welche täglich geheizt werden, sich leichter durchwärmen lassen als solche, welche nur selten und in grösseren Zeitperioden geheizt werden, weil bei den ersteren rasch das Beharrungsvermögen hergestellt ist und die von den Wänden im Beginne der Heizung absorbirte Wärmemenge nur gering ist. Augenscheinlich gelten ganz ähnliche Verhältnisse für die in den zu beheizenden Räumen befindlichen Gegenstände, wie Möbel u. s. w.

Noch besser ist es, wenn die Heizung ununterbrochen erfolgt, weil dann die Wände bezüglich der Wärmereservation im Beharrungszustande verbleiben. Die ununterbrochene Heizung ist auch nicht viel theurer als das Heizen nach täglichem Bedarf, da bei ersterer das Anheizen des Raumes an jedem Morgen, das sonst eine starke Feuerung, reichen Verbrauch an Brennmaterial und grosse Heizanlagen erfordert, völlig wegfällt.

Die Wärmetransmissionswerthe sind nach der Stärke der Medien, durch welche die Wärme hindurchtritt, verschieden. Sie werden für 1 qm Fläche, 1 Stunde Zeit und 1° Temperaturunterschied zwischen Innen- und Aussenluft berechnet. Nach Rubner beträgt der Wärmeverlust

für	einfache Fenster	3,5	W.-E.
„	Doppelfenster	2,0	„ „
„	Thüren	3,0	„ „
„	Fussboden	0,5	„ „
„	Decke	0,7	„ „

Die Wärmedurchlässigkeit der Wände nimmt ab mit der Stärke der Wand, so dass bei einem Temperaturunterschied von 1° C. und für 1 qm Fläche eine Backsteinwand von der Dicke von

0,12 m	einen Transmissionswerth	von 2,40	W.-E.
0,90 m	„ „	„ 0,95	„ „
1,16 m	„ „	„ 0,55	„ „

besitzt; man sieht, dass sich mit der Dicke der Wand der Einfluss der Aussentemperatur herabmindert. Aber auch das Material der Wände ist von nicht geringem Einfluss; so ergiebt unter obigen Verhältnissen das Sandsteinmauerwerk von

0,30 m	Stärke einen Verlust	von 2,20	W.-E.
0,90 m	„ „ „	„ 1,20	„ „
1,20 m	„ „ „	„ 0,95	„ „

Wenn M.[1]) die Transmissionswärme bedeutet, welche durch Wände,

---

[1]) S. die Formeln für M. und die weiteren Ausführungen: Deutsches Bau-

Fenster, Thüren etc. verloren geht, so hat man in der Praxis den Werth derselben für Räume, welche nach Norden und Osten liegen, 10 % höher anzurechnen, und alle Werthe für M. sind zu multipliciren mit 1,1, wenn der Betrieb der Heizung ununterbrochen Statt hat,
„ 1,2, wenn der Betrieb nur am Tage Statt hat und das Gebäude eine geschützte Lage besitzt,
„ 1,3—1,4, wenn der Heizbetrieb nur am Tage Statt hat und das Gebäude eine sehr exponirte Lage besitzt.

An einem speciellen Beispiel sei die Berechnung des Wärmebedarfs eines Zimmers und zwar nicht für die Anheizung, sondern für die Erhaltung einer bestimmten Temperatur ausgeführt: Das betreffende Zimmer sei 9 m lang, 6,50 m breit und 4 m hoch; es ist oben und unten, rechts und links von Klassenzimmern, also von gleichfalls beheizten Räumen begrenzt, so dass die Wärmeabgabe nach diesen Richtungen hin unberücksichtigt bleiben kann. Demgemäss sind nur 2 Flächen vorhanden, durch welche eine Abkühlung Statt hat, nämlich die Aussenwand mit den Fenstern (Doppelfenster) und die Mittelwand mit der Eingangsthür, die nach dem Corridor führt. Der Transmissionscoefficient für die einzelnen wärmeabgebenden Factoren ist bekannt. Um die grösste Leistungsfähigkeit, zu welcher die Heizeinrichtungen herangezogen werden können, festzustellen, wird bei Berechnungen der Wärmetransmission die niedrigste vorkommende Aussentemperatur angenommen, z. B. —20 ° C.; es beträgt demnach die Temperaturdifferenz zwischen innen (+ 20 ° C.) und aussen (— 20 ° C.) 40 °. Der Transmissionscoefficient ist daher mit 40 zu multipliciren, um die für 1 qm der einzelnen wärmeabgebenden Factoren entstehende Abkühlung zu erhalten. Es würde sich demnach bei dem beschriebenen Zimmer ergeben

Abkühlungsflächen					Abkühlungs-effect
Art	Wand-stärke cm	Grösse qm	Trans-missions-Coefficient W.-E.	Temperatur-Unterschied ° C.	W.-E.
Aussenmauer	75	24	0,75	40	720
Mittelmauer.	60	32	0,9	12	346
Thür . . .	—	4	3,0	12	144
3 Fenster .	—	12	2,0	40	960
	—	—	—	—	2170

handbuch Bd. II, Abhandl. v. Voigt, p. 401 ff. und bei Péclet: Livre VI, l. c. (Emission und Transmission de la chaleur.)

Die gesammte stündliche Abkühlung des Lehrzimmers beträgt also 2170 W.-E. Diese Wärmemenge muss an das Zimmer abgegeben werden, wenn dasselbe bei gleicher Temperatur erhalten werden soll. Nun producirt jedes Kind durch den Stoffwechsel pro Stunde nach Voit 50 W.-E.; von 40 Kindern werden demnach 2000 W.-E. erzeugt, also eine Wärmemenge, die fast ausreicht, den gesammten Bedarf des Zimmers zu decken. Es wäre also danach für dies Zimmer nur ein Anheizen nöthig, nicht aber ein weiteres Heizen während des Unterrichts, wenn nicht noch andere Umstände hinzukämen. Vor Allem wird ein grosser Theil der Wärme durch die Lufterneuerung verbraucht. Das Zimmer hat einen Rauminhalt von 234 cbm; soll die Luft desselben stündlich dreimal erneuert werden, so ist der Luftbedarf 702 cbm, der von -20° C. auf $+20^{\circ}$ C., also um 40° erwärmt werden soll. Um 1 cbm Luft um 1° zu erwärmen, sind 0,31 W.-E. nothwendig. Im Ganzen sind demnach erforderlich

$$702 \times 40 \times 0{,}31 = 8705 \text{ W.-E.}$$

In dieser Weise kann man für jedes Zimmer unter Berücksichtigung verschiedener Temperaturen, beliebiger Kinderanzahl, der Wärmeproduction bei künstlicher Beleuchtung u. s. w. den Wärmebedarf berechnen; nur ist dazu die Kenntniss der Transmissionscoefficienten der einzelnen wärmeabgebenden Factoren nothwendig.

Was die Kenntniss des höchsten Leistungsvermögens des angewandten Brennmaterials betrifft, so kommen wir bei Punkt 4, wo von der Billigkeit der Heizung die Rede ist, darauf zurück. Wichtiger ist an dieser Stelle die Berücksichtigung des Wärmeleitungs- und Wärmereservationsvermögens der für die Heizung angewandten Medien. — Zum Träger der Wärme bedienen wir uns ausschliesslich der atmosphärischen Luft, und wenngleich derselben ein relativ geringes Wärmeleitungsvermögen zukommt, so hat dieselbe in der Eigenschaft, dass sie bei höheren Temperaturen eine geringere specifische Schwere annimmt und dann die specifisch schwerere kühle atmosphärische Luft ansaugend nach sich zieht, die vorzügliche Fähigkeit, die ihr zugeführten Wärmemengen weiter zu tragen; allerdings geschieht dies fast ausschliesslich in der verticalen Richtung, während die Fortleitung in der horizontalen Richtung wesentlich erschwert ist. Durch die rasche Bewegung erwärmter Luft sind wir im Stande, der Aufgabe, einen Raum schnell auf eine gewünschte Temperatur zu bringen, wohl zu genügen. — Es kann sich weiterhin nur um die Frage handeln, durch welche Vermittelung wir der

Luft die höheren Temperaturgrade zuführen. Die directe Erhitzung der Luft durch Brennmaterialien ist ausgeschlossen, weil bei der Verbrennung Producte der Verbrennung (Kohlenoxyd, Kohlensäure etc.) erzeugt werden, welche durch directes Eintreten in die Luft dieselbe gesundheitsgefährlich und direct irrespirabel machen. Deshalb ist eine Erwärmung der Luft nur so möglich, dass wir dieselbe, ohne dass Verbrennungsproducte entstehen, mit Heizkörpern in Berührung bringen.

Man hat bei den Heizkörpern nun im Wesentlichen zwei Gruppen zu unterscheiden, — die eine, welche als gut wärmeleitende Körper von dem verbrennenden Heizmaterial die Wärme rasch aufnehmen und ebenso rasch abgeben. Diese Körper haben fast ausschliesslich eine geringe Wärmecapacität (Wärmereservationsvermögen), und ihr Hauptrepräsentant für die practischen Zwecke ist das Eisen. Die andere Gruppe umfasst diejenigen Körper, welche schlecht Wärme leiten und eine hohe Wärmecapacität besitzen; sie bringen letztere um so mehr zur Geltung, als sie in grossen Massen zur Verwendung kommen. Ihr Hauptrepräsentant für die Technik sind die Thonarten (Lehm, Chamotte u. s. w.). Das Verhältniss der Wärmecapacität zwischen Eisen und Thon ist = 0,113 : 0,214; sie ist für letzteren also nahezu doppelt so gross als für ersteres.

Eisen leitet die Wärme 33 mal besser als Thon, und Thon strahlt ausserdem weniger gut Wärme aus. Aus diesem Verhältniss der beiden Körper zur Wärme resultirt aber folgende Eigenthümlichkeit: Das Eisen nimmt in Folge seiner guten Leitungsfähigkeit überaus rasch von der brennenden Flamme die Wärme an und giebt sie in demselben Maasse rasch an seine Umgebung wieder ab. Thon nimmt langsam und spärlich die Wärme der brennenden Flamme an, giebt sie aber alsdann auch langsam ab. Die Eigenschaft des Eisens, schnell Wärme aufzunehmen, macht es ganz besonders dazu befähigt, der sub 1 aufgestellten Forderung zu genügen; mit einem eisernen Ofen wird man einen gewissen Temperaturgrad ziemlich rasch erzielen können; aber das Eisen wird bei irgend rascher und lebhafter Feuerung leicht glühend, und in dem Augenblicke, wo dies geschieht, hat es einige böse Eigenschaften angenommen, welche es für den Gebrauch als Material zum Ofen, wenigstens in dem Sinne und in der Anwendungsweise, wie wir es hier nehmen, fast unfähig machen. Abgesehen von dem energischen Wärme-Strahlungsvermögen glühenden Eisens, welches den Aufenthalt in seiner Nähe völlig unerträglich macht, giebt es den Luftschichten, welche

an ihm vorüberstreichen, einen Temperaturgrad, bei welchem jene kleinsten organischen Körper, welche in der Luft enthalten sind, verbrennen. Die Folge davon ist die Entwickelung eines eigenthümlichen brenzlichen Geruchs und die Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Zimmerluft, beides Dinge, welche durchaus zu meiden sind. Das Eisen hat nun aber als Metall und guter Wärmeleiter noch die andere Eigenschaft, rasch Wärme abzugeben; es erkaltet beim Erlöschen der Flamme ebenso schnell, wie es erhitzt wurde. Die Folge ist also der Mangel einer constanten Wärmequelle und das Eintreten rascher und sehr grosser Temperaturdifferenzen; diese aber gerade sind höchst deletär für den menschlichen Organismus, weil sich derselbe für eine gewisse Temperatur mittelst der ihm zu Gebote stehenden wärmeregulirenden Mittel gleichsam einrichtet und in dieser Einrichtung feindselig überrascht wird. Die Ausdehnung der peripheren Blutgefässe der Haut, die Absonderung von Schweiss, von Perspirationswasser zum Zweck der Verdunstung, unter gewissen Verhältnissen selbst die Wärmeproduction werden nämlich in ein gewisses, dem Temperaturgrade des Raumes angemessenes Regimen gebracht. Dies mit der gleichen Schnelligkeit, wie die Temperatur bei Anwendung von metallenen Heizapparaten wechselt, umzuändern, setzt schon ganz erhebliche Elasticität und bedeutende Uebung, besonders des zumeist betheiligten Blutgefässsystems, voraus; wenn es nun nicht glückt, den Wechsel rasch genug vorzunehmen, das Innere des Organismus gleichsam gegen den Eindruck der das Blut erkältenden Luftmassen abzuschliessen, kommen jene als Erkältungskrankheiten bezeichneten Schädigungen zu Stande, deren Tragweite gänzlich ausser dem Bereich jeglicher Berechnung steht.

Allen diesen Eigenschaften des Eisens gegenüber hat der Thon nun gewisse nicht zu unterschätzende Vorzüge. Als langsamer Aufnehmer der Wärme giebt er dieselbe auch um ebenso viel langsamer an die über ihn hinwegstreichenden Luftmassen ab; damit fallen aber alle jene Vorwürfe fort, welche dem Eisen nach dieser Richtung gemacht werden konnten. Der Thon stapelt für beträchtlich längere Zeit als das Eisen die Wärme in sich auf und ist solchermassen zu einer Zeit, wo die Feuerung längst erloschen ist, noch im Stande, Wärme an die Umgebung abzugeben; dies giebt aber die Möglichkeit, eine weitaus gleichmässigere Wärme in dem geheizten Raume zu erhalten und derselben auch längere Dauer zu schaffen. Es wird also der Nachtheil des Thones, sich langsamer als das Eisen zu erwärmen und so auch die Umgebung langsamer zu heizen, auf-

gewogen von einer Reihe grosser Vortheile, welche ihn gewiss dazu geeignet machen, ihn gerade für die Schule als wärmespendende Quelle zu verwerthen. Selbst wenn man daran denken wollte, das Eisen durch eine weniger stark wirkende Feuerquelle langsam zu erwärmen, würde der Thon ihm an Vortheil vorangehen, weil das Eisen die Wärme nicht lange genug an sich behält und mit dem Erlöschen der langsam wirkenden Feuerung sofort erkalten würde, so dass jähe Temperaturwechsel entstehen müssten. Auf der anderen Seite ist für den Thon die allerdings mögliche Ueberhitzung durch eine gewaltige und länger dauernde Wärmequelle für die hier in Rede stehenden Verhältnisse kaum zu erwarten. Alles zusammengenommen, würden wir also bekennen, dass es Schwierigkeiten machen kann, ein Metall, speciell Eisen, als Wärmespende in Schulzimmern zu verwerthen, und so ist es wohl auch gekommen, dass man eine Zeit lang seine Verwendung in denselben überhaupt vermied und zu Thonöfen überging.

Dies geschah allerdings nur so lange, als man es nicht verstand, die Widersprüche gegen die hygienischen Forderungen, soweit sich dieselben durch die Anwendung des Eisens ergaben, aufzuheben. Die Technik hat nach dieser Richtung in dem letzten Jahrzehnt überraschende Fortschritte gemacht; sie hat es verstanden, das Eisen in den Heizkörpern so geschickt zu verwenden, dass ein Erglühen des Metalls entweder ausgeschlossen oder durch anderweitige Vorrichtungen unschädlich gemacht wird, und sie hat weiterhin Eisen und Thon zur Aufnahme der von den Flammen gespendeten Wärmemengen so combinirt, dass die Vortheile beider sich verbinden und die Nachtheile beider aufgehoben werden. Die nach diesen Gesichtspunkten construirten Heizapparate sind bei rascher Annahme der Wärme der Gefahr des Glühendwerdens überhaupt nicht ausgesetzt; sie erkalten aber auch nicht rasch, weil der verwandte Thon die von ihm aufgenommene Wärme mit Zähigkeit festhält. Diese Combination von Thon und Eisen ist in mannigfacher Weise ausgeführt, sowohl in Heizapparaten, welche in den Zimmern einzeln zur Verwendung kommen, als auch in den grossen Heizvorrichtungen der Centralapparate, welche zur Erwärmung ganzer Gebäude dienen.

Von flüssigen Körpern hat das Wasser an dieser Stelle eine hervorragende Bedeutung, weil es bei hoher Wärmecapacität, welche besonders bei höheren Temperaturen diejenige des Eisens um das 10fache überragt, ein sehr beträchtliches Reservationsvermögen für die Wärme hat und gleichzeitig durch die Eigenschaft, dass es bei

der Erwärmung specifisch leichter wird, eine ähnliche Fähigkeit wie die Luft annimmt, die empfangenen Wärmemengen durch Circulation fortzubewegen und auf entfernte Gegenstände zu übertragen.

Endlich ist auch der Wasserdampf durch seine Fähigkeit, hohe Temperaturen nach beliebiger Richtung fortzuleiten und auf gut leitende Körper in kürzester Frist zu übertragen, ein vorzüglicher Träger der Wärme.

Mit diesen Mitteln ist die Technik also leicht im Stande, den oben aufgestellten Forderungen in ausreichendem Maasse zu genügen.

2) Der Forderung, dass die Vertheilung der Wärme im Raume eine durchaus gleichmässige sei, wird im strengsten Sinne niemals völlig entsprochen werden können. Die Ursache dafür liegt in der erwähnten Eigenschaft der erwärmten Luft, dass sie specifisch leichter ist als die kältere; daher kommt es, dass nach der Decke zu stets höhere Temperaturgrade vorhanden sind. Dieser Fehler tritt um so lebhafter zu Tage, je höher temperirt die Luft ist, welche in den Schulraum eintritt, je grösser also a priori die Differenz in der Schwere zwischen der im Raum vorhandenen und der hinzutretenden Luft ist.

So fand Rietschel in einem unbesetzten Klassenzimmer, in welches die Luft aus der Luftheizung allerdings mit einer Temperatur von 80° C. einströmte, im ungünstigsten Falle eine Temperatur

am Fussboden von 21,5° C.
in Kopfhöhe „ 38,0° C.
unter der Decke „ 44,0° C.

In Hamburger Schulen, die noch mit Luftheizungen älteren Systems versehen waren, wurden Temperaturdifferenzen von 20° R. constatirt, nämlich

am Fussboden . . 8° R.
in Kopfhöhe . . . 12° R.
½ m unter der Decke 28° R.

In besetzten Räumen ist die Differenz zwischen Fussboden und Kopfhöhe geringer als in leeren; wahrscheinlich liegt die Ursache hierfür in der Körperwärme der Schüler, die eine raschere Luftbewegung und damit eine schnellere Wärmevertheilung bewirkt.

Dem Uebelstande, dass die Luft des Raumes in verticaler Richtung sehr ungleiche Temperaturen aufweist, wird man zunächst dadurch begegnen, dass man die Heizluft nicht zu hoch temperirt in den Schulraum eintreten lässt, und man ist für Centralheizungen nahezu zu dem übereinstimmenden Resultat gekommen, dass die in

die Räume eintretende Luft während des Unterrichts 30—36 ° C. betragen, vor Beginn des Unterrichts aber 50 ° C. nicht übersteigen soll [1]). Wolffhügel hält noch 55 ° C. für zulässig. An und für sich liegt in den Luftströmungen, welche durch die Temperaturunterschiede zwischen der einströmenden Heizluft und der in dem Zimmer vorhandenen Luft erzeugt werden, ein Corrrectiv für die ungleichmässige Vertheilung der Wärme; denn indem die warme Luft an Wänden, Decke und Fenstern sich abkühlt, sinkt sie, specifisch schwerer werdend, langsam nach abwärts und erzeugt so spontan den gewünschten Ausgleich; überdies ist man durch geeignet angebrachte Luftabführungsöffnungen (siehe Ventilation) im Stande, nicht allein Luftströmungen zu erzeugen, sondern auch der Luft gleichsam gewisse Wege vorzuschreiben.

Die ungleichmässige Vertheilung der Wärme in den Schulräumen ist aber weniger noch bei Centralanlagen als bei denjenigen Heizanlagen zu befürchten, welche innerhalb des Schulraumes als Heizkörper wirken; insbesondere ist dies eine unangenehme Nebenwirkung stark erhitzter Oefen, und zwar ebensowohl der Kachelöfen, wie ganz besonders der eisernen Oefen, welche durch Ausstrahlung der Wärme eine ungleichmässige Erhitzung bewirken. Wir werden weiterhin kennen lernen, wie die Technik durch Einführung der sog. Ofenmäntel, deren Hauptprincip darauf beruht, dass zwischen Heizkörper und Schulraum eine circulirende Luftschicht eingeschoben ist, welche nunmehr erst durch Leitung zum Träger der Wärme wird, auch diesem Uebelstande der localen Heizkörper vorbeugen konnte. Als Grundsatz kann man aber zweifelsohne die auch von Wolffhügel vertretene Bestimmung festhalten, dass während des Beharrungszustandes der Heizung der Temperaturunterschied zwischen den obersten und untersten Luftschichten des Raumes 3 ° C. nicht überschreiten dürfe. Wolpert [2]) will für beide Stellen eine Temperaturdifferenz von höchstens 4,5 ° C. zulassen, während E. v. Esmarch [3]) eine solche von 2—3 ° C. zwischen Fussboden und Kopfhöhe für erträglich hält. In grösseren Räumen, Turnsälen, Aulen u. s. w. wird, um diesen Zweck zu erreichen, kaum etwas anderes übrig bleiben, als nach dem Vorschlage von Rietschel [4]) mehrere Heizkörper in den Räumen aufzustellen.

---

[1]) Rietschel, Heizungs- und Lüftungsanlagen. Berlin 1893.
[2]) Gesundheits-Ingenieur 1891, p. 516.
[3]) Hygienisches Taschenbuch. Berlin 1896. p. 100.
[4]) Ueber Schulheizung. p. 8.

3) Die Forderung, dass die Luft des geheizten Raumes der atmosphärischen möglichst gleich bleibe, involvirt den wichtigsten Theil der von der Gesundheitspflege gestellten Aufgaben. Die Zimmerluft kann durch die Heizung dadurch abgeändert werden, dass ihr einmal integrirende Bestandtheile entzogen werden, oder dadurch, dass ihr fremdartige und auf den Organismus schädlich einwirkende Substanzen zugeführt werden.

Der Verbrennungsvorgang beruht im Wesentlichen auf einer unter Entwickelung hoher Temperaturen statthabenden Verbindung des Sauerstoffs der Luft mit dem in dem Brennmaterial vorhandenen und aufgestapelten Kohlenstoff und Wasserstoff und in letzter Linie auf Ueberführung der letzteren zu Kohlensäure und Wasser. Bei Berücksichtigung dieses Vorganges liegt es nahe, daran zu denken, dass die beträchtlichen Quantitäten des zur Verbrennung nothwendigen Sauerstoffs der Luft des zu beheizenden Zimmers entzogen wird. Die Gefahr scheint insbesondere bei denjenigen Heizvorrichtungen nahe zu liegen, welche durch Circulation wirken und die Luft aus dem geheizten Raume stets wieder zur Heizkammer zurückführen, während bei der als Ventilationsheizung bezeichneten Methode der Beheizung, bei welcher die verbrauchte Luft des Zimmers abgeführt und durch neue ersetzt wird, diese Gefahr augenscheinlich ausgeschlossen erscheint. Wären unsere Zimmer in der That luftdicht geschlossene Räume, so wäre die Frage der Luftverschlechterung durch Sauerstoffentziehung nicht von der Hand zu weisen; indess ist dies eben nicht der Fall, und mit der Zunahme in der Differenz der Temperaturen der Aussen- und Innenluft wird durch die von Wandporen, Fenster- und Thüröffnungen u. s. w. gewährleistete natürliche Ventilation für den Ersatz des der Zimmerluft entzogenen Sauerstoffs hinlänglich Sorge getragen. In diesem Sinne ist also, streng genommen, eine reine Circulationsheizung in unseren Räumen überhaupt nicht möglich, da sich dieselbe stets mit einem gewissen Grade von Ventilation verbindet. So entzieht auch der im Zimmer geheizte Ofen nur scheinbar der Zimmerluft den Sauerstoff; denn dieser wird durch das Nachströmen frischer Luft, also durch den ventilatorischen Effect des Ofens zu grossem Theile wieder ersetzt.

Wichtiger und für die Praxis höchst bedeutungsvoll ist die Berücksichtigung der Frage, ob mit der Beheizung eines Raumes der Luft desselben nicht Wasser entzogen wird. Die Klagen über die Trockenheit der Schulluft insbesondere bei Anlagen von Central-

luftheizungen, welche immer wieder von Neuem laut werden, haben gerade in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der Schulluft zu ausgiebigen Untersuchungen Anlass gegeben. — Vorläufig von denselben abgesehen, sind die physikalischen Vorgänge, welche hier in Frage kommen, folgende: Die Luft hat die Fähigkeit, eine gewisse, von der Temperatur abhängige Menge von Wasserdampf aufzunehmen. Die Quantität des Wasserdampfes ist um so bedeutender, je höher die Temperatur ist, und zwar steigt dieselbe in weit rascherer Proportion als die Temperatur (siehe Abschnitt: Die atmosphärische Luft. Wasserdampf p. 323).

Das Sättigungsdeficit ist also um so grösser, je höher temperirt die Luft wird, und die Luft, welche bei niederer Temperatur mit einer bestimmten Wassermenge ganz oder nahezu gesättigt erscheint, wird in dem Maasse, als sie erwärmt wird, wenngleich sie ihren vollen Wassergehalt behält, relativ trocken erscheinen. So wird also eine Luft, welche im Winter bei 0° C. für 1 cbm = 3,5 g Wasser enthält, sehr feucht erscheinen, weil sie bei einem Wassergehalt von 4,9 g vollständig gesättigt ist, während dieselbe Luft, auf 20° C. erwärmt, ausserordentlich trocken erscheint, weil derselben bis zum Sättigungspunkt für 1 cbm noch 13,7 g Wasser fehlen, da die maximale Feuchtigkeit unter diesen Bedingungen 17,2 g beträgt. Es ist klar, dass die Luft, welche mit einem so geringen relativen Feuchtigkeitsgehalt in ein Zimmer einströmt, den Wänden, Gegenständen oder Personen, mit welchen sie in dem Zimmer in Berührung kommt, rapid diejenigen Wassermengen entziehen wird, welcher sie bedarf, um sich dem Sättigungspunkt möglichst zu nähern. Die Personen, welche dieser energischen Verdunstung (Wasserabgabe) ausgesetzt sind, müssen die Luft als trocken empfinden. — Nun kommt aber alsbald noch ein anderer sehr wesentlicher Factor hinzu. Denken wir uns die Luft in dem Raume stagnirend, so ist klar, dass sie sich in der untersten Schicht, wo sie mit Gegenständen und Personen in Berührung getreten ist, gleichsam mit Wasserdampf nahezu sättigen wird; bald sind indess Gegenstände und Personen von einer fast mit Wasserdampf gesättigten Luft eingehüllt, und die Verdunstung würde damit aufhören oder wenigstens auf ein sehr geringes Maass beschränkt. Die Verdunstung wird aber rascher und die Wasserabgabe reichlicher, wenn die Luft bewegt ist und Personen und Gegenstände mit stets neuen Schichten einer relativ trockenen Luft in Berührung kommen. So wird also die Trockenheit am lebhaftesten empfunden werden

in einer bewegten Luft, deren Feuchtigkeitsgrad vom Sättigungspunkt möglichst weit entfernt ist. Daraus folgt aber, dass bei gleicher Temperatur und gleichem Feuchtigkeitsgehalt diejenige Luft als die trockenere empfunden werden wird, welche lebhafter in Bewegung ist. Das Gefühl der Trockenheit wird also vorzugsweise erzeugt durch die Ventilation, nicht durch die Heizung. Auf dieses Verhältniss haben Wolpert[1]) und Rietschel[2]) ganz präcis hingewiesen und auch betont, dass, wenn man der Centralheizung den Vorwurf macht, dass die Trockenheit bei ihr besonders hervorträte, die Ursache in der „übermässigen Ventilation liegt, welche diese erfordert". — Letzterer Autor führt dann weiter aus, wie durch die mit Ventilation verbundene Heizung bei einer Luftzufuhr von 20 cbm pro Kopf und Stunde und einer Temperaturdifferenz von 30° (—10° C. aussen) und einer relativen Feuchtigkeit der Aussenluft von 2,91 g jedem Kinde etwa 140 g Wasser per Stunde entzogen wird; das wäre selbst unter der Annahme, dass Gegenstände und Wände des Schulzimmers etwa die Hälfte des Wasserverlustes tragen, immer noch 20 g Wasser mehr, als man einem Kinde per Stunde etwa zumuthen kann.

Man erkennt also, dass in der That eine gewisse Gefahr, dass die Luft relativ zu trocken in die Schulzimmer kommt, mit der Erwärmung der Luft und der damit Hand in Hand gehenden Luftbewegung (Ventilation) geschaffen wird, und dass die Technik darauf bedacht sein muss, diesen Uebelstand zu beseitigen. Dies ist allerdings geschehen, und wir werden gelegentlich der Schilderung von Anlagen der Centralluftheizung darauf zurückkommen.

Die Angaben über den Feuchtigkeitsgrad der Luft, welcher für den Körper am zweckdienlichsten erscheint, bewegen sich in ziemlich weiten Grenzen. Wolffhügel[3]) verlangt in mässig besetzten Räumen

bei Ofenheizung	40—60 %
„ localer Ventilationsheizung	45—65 „
„ centraler „ bei 15° R. .	50—70 „

relativer Feuchtigkeit, wobei er indess betont, dass man der Beschäftigung, der dichteren Besetzung des Raumes u. s. w. doch immerhin Rechnung tragen müsse. Rietschel hat bei seinen Untersuchungen gefunden, dass sich fast immer ein zufriedenstellender

[1]) l. c. 1860, p. 250.
[2]) l. c. 1880, p. 14. Desgl. 1886, p. 23.
[3]) A. a. O. p. 19.

Zustand ergab, wenn die eingeführte Luft derartig angefeuchtet wurde, dass vor Beginn des Unterrichts in den Klassenräumen eine relative Feuchtigkeit von 40—50 % herrschte; er weist darauf hin, dass die Empfindung, die Luft sei zu trocken, wie sie sich namentlich durch Reizung der Athmungswerkzeuge bei längerem Sprechen kund giebt, nicht allein in dem geringen Wassergehalt der Luft ihren Grund hat, sondern auch darin, dass Staub eingeathmet wird oder schädliche Verbrennungsproducte desselben, nachdem dieser mit überhitzten Flächen in Berührung gekommen ist. — Die austrocknende Wirkung warmer Zimmerluft zeigt sich in ihrem Einfluss auf den Organismus in zweifacher Weise: einmal direct, örtlich, indem der Schleimhaut der Luftwege Feuchtigkeit entzogen wird, dann aber auch indirect, allgemein, indem vermittelst der Haut eine Wirkung auf den Gesammtorganismus ausgeübt wird.

Während man aber auf der einen Seite der Austrocknung der Luft wird gegenüber zu treten haben, ist auch der zu reichen Zuführung von Feuchtigkeit in die Schulluft vorzubeugen, weil durch die Behinderung oder Erschwerung der Abdunstung von Haut und Lunge dem kindlichen Körper die eigene Wärmeregelung erschwert wird; wie Falk[1]) durch eine höchst interessante Studie erwiesen hat, sind die so erzeugten Symptome denjenigen eines leichten Hitzschlages nicht unähnlich. Ferner aber wird sich als nächste Folge einer zu reich mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre ergeben, dass beim Hinaustreten der Kinder aus der Schulstube die zwischen den Kleidern haftende wasserreiche Atmosphäre gleichsam tropfbarflüssige Niederschläge bildet, welche von den hygroskopischen Kleidern aufgesaugt werden und dieselben feucht machen, ein Vorgang, der sicher nicht selten dazu dient, Erkältungen herbeizuführen. Ebenso kann bei zu feuchter Luft eine Condensation des Wasserdampfes eintreten, so dass künstlich die Gefahren feuchter Mauern geschaffen werden (Beraneck).

Würde schon die Zuführung überreicher Wassermengen zur Schulluft gewisse Nachtheile nach sich ziehen, so steht dieselbe in ihrer hygienischen Bedeutung dennoch wesentlich zurück gegenüber gewissen directen Verunreinigungen der Schulluft, sei es mit körperlichen Bestandtheilen, sei es mit irrespirablen oder toxisch wirkenden Gasen, welche die unrationelle Heizung erzeugen kann.

Von körperlichen Bestandtheilen sind es vorzugsweise die Be-

---

[1]) Virchow's Archiv, Bd. 62, p. 265.



standtheile des Heizmaterials oder der Heizabfälle, der Asche, welche sich staubartig in der Luft verbreiten können. Dieselben kommen häufig bei der Localofenheizung vor und insbesondere bei Oefen, welche vom Innern der Schulzimmer aus mit Heizmaterial beschickt werden. Dieser Uebelstand hat wesentlich dazu beigetragen, die Localheizungen zu misscreditiren und die Centralheizungen zu bevorzugen. Indess sind auch letztere nicht ganz frei von diesen Mängeln, und insbesondere wird der Luftheizung der Vorwurf gemacht, dass mit dem warmen Luftstrom staubartige Bestandtheile in die Schulzimmer eingeführt werden. In der That kann dies geschehen, wenn die zur Erwärmung gebrachte Luft nicht vor ihrem Eintritt in die Heizkammer sorgfältig gereinigt ist, oder wenn die Heizkammer und die luftführenden Canäle nicht absolut staubfrei gehalten werden, oder endlich wenn, und dies ist das Schlimmste, die Caloriferen undicht sind.

Es ergiebt sich daraus die dringende Forderung der Gesundheitspflege, dass nach allen diesen Richtungen Fürsorge getragen werde, und in der That geschieht dies seitens der Technik, wie wir sehen werden, so, dass die den Heizkammern zugeführte Luft entweder filtrirt, oder dadurch, dass sie vorher durch einen Wasserstrom hindurchgetrieben, geradezu gewaschen wird; ebenso wird die grösste Sorgfalt auf Reinhaltung der Heizkammern, der Caloriferenwände und der Luftcanäle verwendet; endlich ist die absolute Dichte der Caloriferen eine unbedingte und jetzt sorgsam erfüllte Forderung ebenso der Technik wie der Gesundheitspflege geworden. — Wo die Localheizung mit Zimmeröfen statthat, ist es Aufgabe der die Oefen bedienenden Personen, Stauberzeugung beim Einheizen und beim Entfernen der Asche möglichst zu vermeiden und für die Entfernung etwa in die Luft des Zimmers gedrungener Staubtheile durch sorfortige gehörige Durchlüftung Sorge zu tragen.

Am zweckmässigsten ist es natürlich, bei der Localheizung mit Zimmeröfen letztere so einzurichten, dass die Beschickung nicht vom Zimmer aus, sondern vom Corridor her erfolgt.

Noch bedeutungsvoller ist die Verunreinigung der Schulluft, wenn in diese die Verbrennungsproducte aus den Heizapparaten eintreten.

Die Verbrennungsproducte sind je nach der Art des angewandten Heizmaterials entweder nur Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff und Wasserdampf (Koaks, Holzkohle), oder unverbrannter Kohlenstoff, Kohlenwasserstoffe, schweflige Säure und Schwefelwasserstoff (Holz,

Kohle, Torf u. s. w.). In letzterem Falle sind die Verbrennungsproducte zumeist und insbesondere im Beginne des Verbrennungsprocesses von dunkler Beschaffenheit (Rauch) und als solche in der atmosphärischen Luft sichtbar. Alle diese Bestandtheile hat Smith in den Exhalationen der Fabrikschornsteine erweisen können.

Die Ursachen, welche das Zurücktreten dieser Verbrennungsgase in den Zimmerraum bedingen können, sind, ganz allgemein ausgedrückt, zu suchen in dem Missverhältniss des Widerstandes im Abzugsrohr gegenüber demjenigen Druck, mit welchem die Luft dem Feuerherde zuströmt. Sobald der Druck im Abzugsrohre grösser wird als der Druck der Zimmerluft, müssen die Gase aus demselben in das Zimmer zurücktreten. Es ist specielle Aufgabe der Technik, dies in geeigneter Weise zu verhüten, und die Hygiene hat nur an der Forderung festzuhalten, dass das Zurückströmen der Verbrennungsgase nicht vorkommen darf. Wir erwähnen deshalb die einzelnen Ursachen für das Phänomen nur insoweit, als sie zum Verständniss des Ganzen nöthig erscheinen.

Ein wichtiges Moment ist das zu frühe Abschliessen der in den Abzugsrohren vorhandenen sog. Ofenklappen. Dieselben sind bekanntlich zu dem Zwecke angebracht, die Luftströmung in dem Abzugsrohre nach beendigter Verbrennung zu verhüten, um die erhitzten Gase im Ofen selbst zu halten. Jedes Anbringen von Klappen in den Oefen einer Schule ist zu verbieten, und neuerdings ist dieses Verbot in vielen Städten in sehr verständiger Weise auch auf Privatwohnungen ausgedehnt worden. Durch das Schliessen der Klappe können die Verbrennungsgase in das Zimmer gelangen; denn bei der durch die Hitze beträchtlich gesteigerten Spannung der Gase treten diese, sobald die Zugkraft des Schornsteins eliminirt worden ist, auf dem Wege des geringsten Widerstandes in das Zimmer; sie dringen durch die grösseren Ritzen des Ofens, durch die mangelhaft geschlossene Thüre des Heizloches hindurch oder diffundiren, wo bei guter Construction des Ofens beides nicht möglich ist, durch die Poren der Ofenwände entsprechend den bekannten Diffusionsgesetzen. In diesem Sinne können selbstverständlich die aus Thon construirten Oefen weitaus gefährlicher werden als die eisernen.

Neuerdings hat man die Ofenklappen in geeigneter Weise durch luftdicht schliessende Ofenthüren ersetzt. Dieselben erfüllen den mit den Ofenklappen beabsichtigten Zweck, die Geschwindigkeit des Austretens der Heizgase in den Schornstein zu mässigen, dadurch, dass sie die Zufuhr kühler atmosphärischer Luft reguliren, und man

hat es völlig in der Hand, den Verbrennungsvorgang zu beschleunigen oder zu verlangsamen, je nachdem man den Zutritt der atmosphärischen Luft zur Feuerung gestattet oder abschliesst.

Eine andere Ursache für das Zurücktreten von Verbrennungsgasen liegt nicht selten in der Unsauberkeit der Abzugsrohre. Die Anfüllung derselben mit den Producten der Verbrennung (Russ, theerartige Substanzen) beschränkt selbstverständlich den Querschnitt derselben, vermehrt für die ausströmenden Gase die Widerstände durch Reibung und bringt es schliesslich sehr leicht dazu, dass, unter Hinzukommen mancherlei anderer Ursachen, der Druck der Luft im Abzugsrohre grösser wird als derjenigen Luft, welche zum Feuerheerd hinströmt. — Ganz in derselben Weise wird die mangelhafte Construction und Lage des Schornsteins wirken.

Endlich sind es äussere atmosphärische Einflüsse, welche die Umkehr des Stromes in den Abzugsrohren bedingen können; Windströmungen, welche auf die Luft des Schornsteins eine pressende Wirkung ausüben, Einfall von Regen, welcher die Luft des Schornsteins abkühlt, verdichtet und schwerer macht als die erhitzten Ofengase, Einfall von Sonnenstrahlen in den Schornstein, wodurch ungleiche Erwärmungen der darin enthaltenen Luftsäule und complicirende Strömungen derselben zu Stande gebracht werden, sie alle können die Ursachen dafür werden, dass die Verbrennungsgase in die Zimmer hineingetrieben werden.

Diesen letztgenannten Factoren haben nun allerdings Wolpert und nach ihm in nahezu ungezählter Menge andere Techniker durch sog. Rauch- oder Luftsauger die Möglichkeit ihrer schädlichen Wirkung abgeschnitten. Die für diesen Zweck construirten Apparate bewirken, dass die Windrichtung einen saugenden Einfluss auf die Luft des Schornsteins ausübt und somit die Verbrennungsgase aus demselben gleichsam herausholt.

Unter den bei der Verbrennung vorkommenden Gasen hat das Kohlenoxyd in hervorragender Weise die Hygieniker beschäftigt, weil bei seinen bekannten, durch Veränderung des Blutes intensiv giftig wirkenden Eigenschaften die Möglichkeit des Eintretens grösserer Mengen Kohlenoxyds in die Zimmerluft eine hohe Lebensgefahr für die Bewohner desselben bedingt; sind doch jene Todesfälle, welche durch vorzeitigen Verschluss der Ofenklappen eintreten, vorzugsweise seiner Einwirkung zuzuschreiben. Diese Frage hatte aber dadurch besondere Bedeutung gewonnen, dass von Deville, Troost u. A. ermittelt wurde, wie durch glühend gemachte

Eisenplatten Kohlenoxyd diffundirt und somit die Gefahr droht, dass bei Gebrauch eiserner Localöfen oder eiserner Caloriferen (bei Centralheizanlagen) Kohlenoxyd auch bei wohl erhaltener Dichtigkeit der Heizanlagen in die Zimmerluft eintrete. Es ist hier nicht der Ort, auf die überaus reiche Literatur des Gegenstandes einzugehen; es sei nur so viel hervorgehoben, dass spätere Autoren, obenan v. Pettenkofer, Wolffhügel, Gruber, darin übereinstimmen, dass die ausserordentlich kleinen Mengen von Kohlenoxyd, welche durch glühend gemachte Ofenplatten diffundiren, weder in dem Augenblicke ihres Eindringens, noch auch bei längerer Einwirkung im Stande sind, eine Schädigung des Organismus zu bedingen. Gruber wies sogar nach, dass die Anwesenheit von 2 ‰ Kohlenoxyd in der Atmosphäre unschädlich sei und die Grenze sich vielleicht bis 5 ‰ herauf erstrecke, Mengen, welche weder er selbst noch v. Fodor, welcher sehr geneigt ist, für die Schädlichkeit kleinster Mengen Kohlenoxyds zu plaidiren, jemals in der Luft von beheizten Räumen nachzuweisen vermochten; ja selbst in der Luft der neueren Caloriferenanlagen von Centralluftheizungen fanden sich kaum Spuren von Kohlenoxyd vor. Damit dürfte denn diese Frage zu einem gewissen Abschlusse gekommen sein, und seitens der Gesundheitspflege ist die Forderung dahin zu formuliren, dass, wenngleich die Grenze der Schädlichkeit des Kohlenoxyds weit höher liegt, als die bisher beobachteten Verunreinigungen der erwärmten Zimmerluft mit dem Gase unter normalen Verhältnissen ergeben haben, dennoch durch geeignete Construction der Oefen und der Caloriferen darauf Bedacht zu nehmen ist, dass die Möglichkeit einer Emanation oder Diffusion von Kohlenoxyd von vornherein ausgeschlossen ist; insbesondere wird dafür Sorge zu tragen sein, dass das Glühendwerden eiserner Platten in den Heizapparaten vermieden wird.

Dieser letzte Punkt der Forderung würde überdies noch aus einem anderen Grunde eine hohe Bedeutung haben. Erfahrungsgemäss befindet sich selbst in einer anscheinend sorgfältigst gereinigten atmosphärischen Luft eine grosse Menge organischer Stäubchen, welche, sobald sie mit sehr hoch temperirten Heizkörpern in Berührung kommen, entweder direct verbrennen oder, bei zu kurzer Berührung mit den Heizkörpern, durch theilweise Verbrennung die Producte der trockenen Destillation erzeugen. Diese Producte sind es aber vorzugsweise, welche in der Luft überhitzter Räume einen unangenehmen und höchst widerlichen Geruch erzeugen

und die Luft trocken und reizend für die Respirationsorgane erscheinen lassen. v. Fodor weist darauf hin, dass schon eine Erhitzung des Luftstaubes auf 150° diese Producte entstehen lässt. — Da es unmöglich ist, die atmosphärische Luft von organischen Stoffen frei zu halten, welche eventuell der Verbrennung ausgesetzt werden, so ist es nothwendig, jede Ueberhitzung der Heizflächen, namentlich aber das Glühendwerden von Metallplatten sowohl an Oefen, wie auch an Caloriferen zu vermeiden.

Von weiteren anomalen Beimischungen, welche die Heizluft erleiden kann, wäre noch derjenigen zu gedenken, welche dadurch entsteht, dass die den Zimmern zugeführte Luft Orten entnommen ist, deren Atmosphäre an sich anomal zusammengesetzt ist. So kann bei Centralheizungsanlagen der im Kellerraum liegende Luftschacht, wenn er nicht vollkommen gegen die Grundluft isolirt ist, sehr leicht mit letzterer communiciren und die so schlecht gemischte Luft den Heizapparaten und schliesslich den Zimmern zuführen. Dies muss vermieden werden und geschieht am besten dadurch, dass die Luft von einer womöglich im Garten und geschützt gelegenen Stelle hergeholt wird, welche von Abtrittsanlagen, Fabriken u. s. w. möglichst fern liegt. Das Gleiche gilt mutatis mutandis für die Luft, welche in den höheren Stockwerken für etwaige locale Ventilationsöfen beschafft wird. Die zu denselben führenden Luftschachte müssen die Luft direct der Aussenluft entnehmen und von Schornsteinen u. s. w. möglichst entfernt und abgewendet nach aussen münden. (Siehe den Abschnitt: Die luftführenden Canäle und Oeffnungen.)

4. Von der Bedienung des Heizapparates wird durchaus seine Wirksamkeit abhängig sein; wenn wir nicht genügend Brennmaterial in denselben hineinbringen, wird er nicht genügend warm werden; dasselbe wird geschehen, wenn zu spät angeheizt wird; alles dies leuchtet ein. Für die genannten Fälle trifft die Schuld nicht den Heizapparat, sondern die Bedienung. Dass indess die Bedienung nicht in der Construction des Ofens den hinlänglichen Grund für dessen unzulängliche Wirkung haben dürfe und könne, dafür muss und kann die Technik sorgen. Die Construction muss einfach, ich möchte sagen, durchsichtig sein, um Jedermann klar gemacht zu werden. Das Material, aus welchem der Heizapparat construirt ist, muss solide, nicht zu leicht zerstörbar sein. Complicirte Heizapparate geben zu häufigen Reparaturen und sonach zu Störungen des Unterrichts Anlass. Die Construction muss im Ganzen wie im Einzelnen

möglichst derart sein, dass jede Gefahr bei dem Betrieb ausgeschlossen ist. — Dies lässt sich nun allerdings bei gewissen Centralheizungsanlagen nicht völlig durchführen; indess ist es gerade für solche eine unerlässliche Bedingung, dass die Bedienung von durchaus sachverständigen Personen geschieht, und nur zu loben ist der Vorschlag Henneberg's [1]), dass der Betrieb den Fabrikanten selbst in Entreprise gegeben wird, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass die Oberaufsicht von einem sachkundigen Fachmann geführt wird. Wo dies nicht möglich erscheint, da wird wenigstens das eine nöthig sein, dass man denjenigen Personen, welche den Heizapparat zu bedienen haben, einen gewissen Grad technischer Kenntnisse beibringt und speciell Aufschluss giebt über die Construction des Apparates, und sei dies auch nur ein einfacher Ofen, wie auch über die Art der Wirksamkeit mit Hinweis auf etwaige besonders wichtige Punkte. Das Maass des zu verbrauchenden Brennmaterials, die Stunde des Anheizens u. s. w. werden nach vorherigem Ausproben genau vorgeschrieben werden müssen.

Was nun die Billigkeit der Anlage und des dauernden Betriebes betrifft, so erscheint diese Frage, leichthin betrachtet, als eine für die Gesundheitspflege untergeordnete und mehr rein technische, und dennoch ist sie dies keineswegs. Erfahrungsgemäss wird die Ausgabe für Heizmaterial von dem Privaten sowohl wie von der Commune als eine unangenehme Last empfunden und die Summe bis auf das Aeusserste des Möglichen beschränkt; unter solchen Verhältnissen dürfen Ueberschreitungen des Etats nur in den seltensten Fällen und da, wo zwingende Verhältnisse etwa durch die Ungunst der Witterung eintreten, vorkommen. Denn bei der einmal geschehenen Festsetzung der Ausgaben pflegt dasjenige, was für die Heizung mehr in Anspruch genommen wird, als ursprünglich dafür ausgesetzt ist, den anderen Bedürfnissen gekürzt zu werden; es wird gespart an Verbesserungen irgend welcher Art, sei es in der Anschaffung richtiger Subsellien, in der Trockenlegung der Wände, in der Besserung der Beleuchtung u. s. w., immer leidet durch Hinaufschrauben des einen Factors der Ausgaben ein anderer und zumeist ein hygienisch wichtiger.

Die Gesundheitspflege hat also eine gewisse Pflicht, sich auch um diese Art pecuniärer Fragen zu kümmern und mit ernsten Forderungen an den Techniker heranzutreten. Leider sind die hier

[1]) l. c. p. 115.

einschlägigen Fragen schwierig zu entscheiden. Bei alledem giebt es gewisse Anhaltspunkte, welche dieselben einigermassen zur Lösung bringen. In erster Linie kommt es auf zweckmässige Construction der Heizanlage im Ganzen an. Dieselbe muss derart sein, dass eine möglichst vollkommene Verbrennung des Heizmaterials ermöglicht wird, was nur dann geschehen kann, wenn auf der einen Seite der Zutritt der nöthigen Menge Luft garantirt ist, während die Heizgase hinlänglich und in genügender Ausdehnung mit geeigneten Flächen in Berührung kommen, an welche sie ihre Wärme abgeben, und wenn endlich die Abführung der Verbrennungsproducte und der entstandenen Aschenabfälle in geeigneter Weise vorgesehen ist. So setzt sich naturgemäss jeder Heizapparat aus 3 Hauptbestandtheilen zusammen, dem eigentlichen Feuerraum nebst Rost und Aschenfall, dem Heizraum und dem Schornstein.

Der Feuerraum wird durch den Rost in zwei Theile getheilt, deren oberer der eigentliche Verbrennungsraum ist, während der untere als Aschenfall dient. Durch Aschenfall und Rost findet die Luftzufuhr zum locker aufgeschichteten Heizmaterial statt, welche unter sonst gleichen Verhältnissen naturgemäss um so grösser ist, je weiter die Spalten oder Schlitze (der sog. freie Rostraum) des Rostes sind. Der Verbrennungsraum muss für Holz geräumiger sein als für Kohlen; dagegen ist für ersteres in Zimmeröfen das Vorhandensein des Rostes überhaupt überflüssig, weil durch die Oeffnungen der Ofenthür hinlängliche Mengen Luft dem Feuermaterial zuströmen. Je nach der Beschaffenheit des Brennmaterials ist der freie Rostraum grösser zu nehmen; indess dürfen die Spalten nie so gross sein, dass Brennmaterial nach dem Aschenfall unverbraucht hindurchfällt.

Der Heizraum ist die Stelle, in welcher die eigentliche Wärmeabgabe der Heizgase erfolgt. Es ist aber schon betont worden, wie verschieden die Verhältnisse sich gestalten, je nachdem derselbe von guten Wärmeleitern (Eisen) oder von schlechten (Thon) umgeben ist. In der Regel ist in Thonöfen die Fläche des Heizraumes durch sog. Züge künstlich vermehrt, während in eisernen Oefen die Vergrösserung der Fläche häufig durch Anbringung von Rippen an der Aussenwand oder durch Verlängerung des zum Schornstein führenden Rauchrohres angestrebt wird.

Vom Schornstein war schon oben die Rede, und es ist bereits hervorgehoben worden, dass derselbe nur dann normal fungiren kann, wenn die Spannung der Gase im Heizraume grösser ist als in dem

Schornstein selbst, was nur dann der Fall ist, wenn die Gase eine genügend höhere Temperatur haben als die Aussenluft; damit ist aber auch der Vergrösserung der Flächen des Heizraumes und somit der Wärmeabgabe eine gewisse Grenze gesetzt, welche nicht überschritten werden darf. Ausserdem wird der Zug im Schornstein wesentlich abhängig sein von der Weite und Höhe desselben. Nach Reiche[1]) und Voigt[2]) soll die Weite desselben im kleinsten Querschnitt 1/4 der Gesammtrostfläche betragen, auf welcher Steinkohlen, und 1/6 von derselben, auf welcher Braunkohlen verbrannt werden, und seine Höhe soll möglichst die benachbarten Häuser überragen. Von den Umständen, welche den Auftrieb im Schornstein sonst beeinflussen können, und den Mitteln, den Störungen abzuhelfen, ist schon die Rede gewesen (p. 401).

Was nun das Heizmaterial betrifft, so kommen für Schulen vorzugsweise Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Koaks und neuerdings auch Gas in Frage. Der theoretische Heizwerth dieser Stoffe beträgt nach v. Esmarch für

1 kg	lufttrockenes Holz	2800—3900	W.-E.
1 „	lufttrockenen Torf . . .	3000—5000	„
1 „	lufttrockene Braunkohle . .	2000—6000	„
1 „	Steinkohle	6000—7500	„
1 „	Anthracit	7500—8000	„
1 „	Koaks	7000—7800	„
1 „	Presskohle	7000	„
1 „	Steinkohlenleuchtgas . . .	6000	„

Wichtiger für unsere Zwecke als diese Zahlen sind indess diejenigen, welche Henneberg gelegentlich einer Untersuchung über die städtischen Heizanlagen in den Berliner Schulen festgestellt hat. Es ergab sich, dass, wenn der Heizeffect

für 1 Pfund	Holz . .	mit 15 %	Wasser	= 3600	W.-E.
„ 1 „	Torf . .	„ 30 „	„	= 3400	„
„ 1 „	Braunkohle	„ 28 „	„	= 4200	„
„ 1 „	Steinkohle .	„ 3 „	„	= 8000	„

war, dies für Berliner Preisverhältnisse für je 1000 W.-E. an Preisen ergab

für Holz	0,32—0,34	Pfennige
„ Torf	0,21	„

---

[1]) v. Reiche, Anlage und Betrieb der Dampfkessel. Leipzig 1876.
[2]) Deutsch. Bauhandbuch p. 405.

für Braunkohle . . 0,22 Pfennige
„ Steinkohle . . 0,15 „

oder auf 100 reducirt ein Verhältniss der Kosten

wie 32—34 : 21 : 22 : 15,

womit die Steinkohle sich als das billigste Heizmaterial herausstellte. Braunkohle war dem Torf vorzuziehen; aber die Torfheizung wurde billiger, wenn reichlich Holz dazu genommen wurde, trotzdem die Heizung mit Holz an sich viel theurer wurde, augenscheinlich, weil die Verbrennung eine vorzüglichere war. Die Heizung wurde theurer, je forcirter geheizt wurde, weil die Verbrennungsgase mit zu hoher Temperatur in den Schornstein gelangten, wahrscheinlich aber wohl auch deshalb, weil durch die zu hohe Temperatur der Heizgase eine Reduction der Kohlensäure in Kohlenoxyd statthatte, was einen Verlust an Wärme, zum Theil durch Binden der Wärme bei der Umsetzung, zum Theil wegen der ungenügenden Verbrennung, zur Folge hat (Wolffhügel). Henneberg giebt noch um deswillen der Steinkohle einen wesentlichen Vorzug vor den übrigen Brennmaterialien, mit Ausnahme von Holz, weil sie im Vergleich mit diesen zu ihrer Verbrennung und zur Erzeugung der angenommenen Heizeffecte den geringsten Bedarf an Luft nöthig hat. Es brauchten

2,22	Pfund	Holz . . .	= 224	Cubikfuss Luft
2,25	„	Torf	= 306	„ „
1,9	„	Braunkohle .	= 285	„ „
1	„	Steinkohle . .	= 270	„ „

Natürlicherweise ist aber hier Vieles von localen Verhältnissen abhängig.

Es kommt überdies bei der Bestimmung des Heizwerthes auch noch der sog. „pyrometrische Wärmeeffect“ eines Heizmaterials in Frage. Man bezeichnet damit den Temperaturgrad, welcher bei Verbrennung eines Kilogramms Brennmaterial erreicht wird. Derselbe kann entweder direct gemessen oder durch Rechnung bestimmt werden. Er ist um so grösser, je vollständiger die Verbrennung geschieht; indess ist er in gewissen Grenzen von der Temperatur und der Menge der zur vollständigen Verbrennung zugeführten Luft abhängig.

Nach Grashof ist der pyrometrische Effect

von lufttrockenem Holz	= 1860 °C.
„ „ Torf	= 1892 „
„ lufttrockener Braunkohle . .	= 2211 „
„ „ Steinkohle . .	= 2565 „

Nach all diesem ist zu erwarten, dass man bei geeigneten Heizanlagen, insbesondere in grossen Anstalten, mit Steinkohle für den geringsten Preis den relativ höchsten Heizwerth erreicht, also mit dieser am billigsten heizt. Allerdings ist, wie einleuchtet, hierbei die Preisfrage von localen Verhältnissen abhängig.

Voigt[1]) berechnet bei normaler Wintertemperatur im norddeutschen Flachland folgenden Jahresbedarf:

Räume von cbm Inhalt	Brennmaterialmenge	Werthe von A.	Maximum des Verbrauchs für 1 Tag
—	—	6,3 cbm weiches Holz,	1 Procent von nebenstehend angegebenem Jahresbedarf.
—	—	5 cbm hartes Holz,	
—	—	6,6—7,6 cbm Torf,	
186—210	1,3—2,3 A.	1500 kg Braunkohlen,	
210—234	1,45—2,55 A.	960 kg Steinkohlen.	

Selbstverständlich ist aber der Heizbedarf in den einzelnen Räumen wesentlich von der Lage des Raumes, der Grösse der Fenster, der Dicke der Wände, der Ventilation des Raumes u. s. w. abhängig, so dass in der Praxis an der theoretischen Berechnung des Einzelfalles sich Vieles modificiren wird.

Nachdem wir so die hygienischen Forderungen kennen gelernt haben, erscheint es zweckmässig, soweit es überhaupt in den Rahmen dieses Buches passt, die Beschaffenheit der Anlagen kennen zu lernen, mit welchen die Technik denselben zu genügen bemüht ist.

Die Einzel- oder Localheizung.

Die Localheizung setzt in jedem zu durchwärmenden Raume einen Verbrennungsapparat voraus, welcher für sich mit Brennmaterial gespeist wird. Als Träger der Wärme werden benutzt die Luft, feste Körper, Wasser und Wasserdampf.

In den sog. offenen Kaminen dient die Luft als Träger der Wärme; zugleich kommt auch die strahlende Wärme des Kamins zur Geltung. Der Kamin ist im Wesentlichen eine offene Feuerstelle, welche in directer Communication mit dem Schornstein steht. Der Kaminrost hat zumeist korbartige Gestalt; unter ihm befindet sich der Aschenkasten. Ueber der Feuerstelle ist der eiserne Kaminfang angebracht. — Es leuchtet ein, dass die Kamine bei dem

[1]) l. c. p. 33. — Deutsches Bauhandbuch, Bd. II, p. 404.



directen Hineinströmen der Heizgase nach dem Schornstein nur eine sehr geringe Ausnutzung des Brennmaterials (etwa 5—10 %) gestatten; daher wird die Heizung zu theuer. Die vom Kamine aus-

Fig. 89.

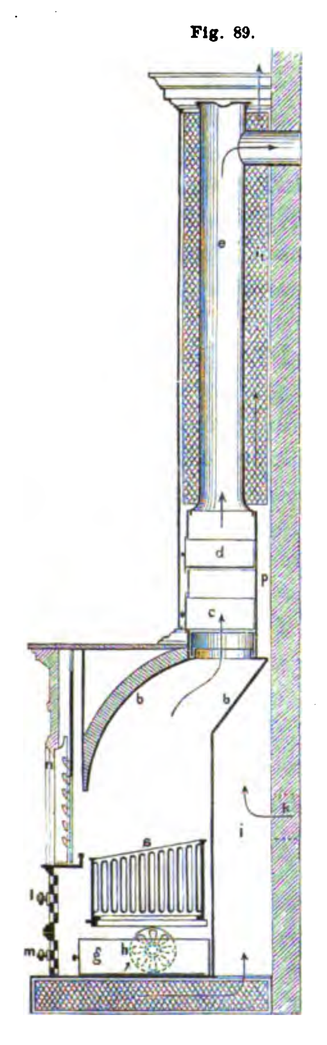
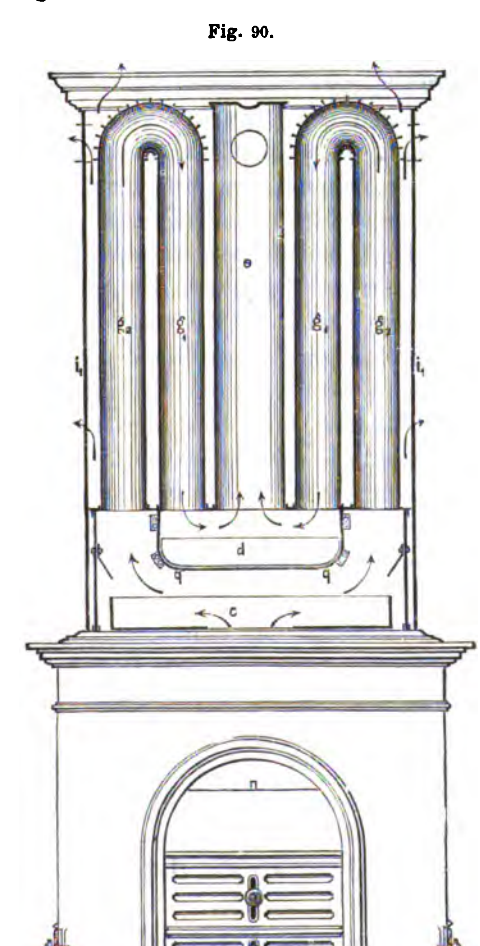


Fig. 90.



Kamin von Wille.

gehende strahlende Wärme kommt auch nur denen zu Gute, welche sich in der Nähe und in der Richtung der Wärmestrahlen befinden, und auch diesen nur von einer Seite; deshalb entsprechen zumeist die Kamine nicht den gestellten Anforderungen für die Schule, und zwar um so weniger, als auch die Verbrennungsgase sehr leicht in das Zimmer zurückströmen können.

Die neuere Technik hat indessen Constructionen von Kaminen angegeben, welche wenigstens eine erheblich bessere Ausnutzung des Heizmaterials gewähren, als der ursprüngliche einfache Kamin sie leisten konnte. Es handelt sich hierbei wesentlich um die Durchführung des Princips, dass die Heizgase an Flächenmultiplicatoren vorüberstreichen müssen, an welche sie ihre Wärme abgeben. Man bezeichnet diese Art von künstlicher Vergrösserung der Fläche als „Züge". Dieselben können von Eisen oder Thon hergestellt werden. Eine derartige Construction eines Kamins mit Zügen repräsentirt der patentirte Kamin von Wille in Berlin (s. Fig. 89, 90).

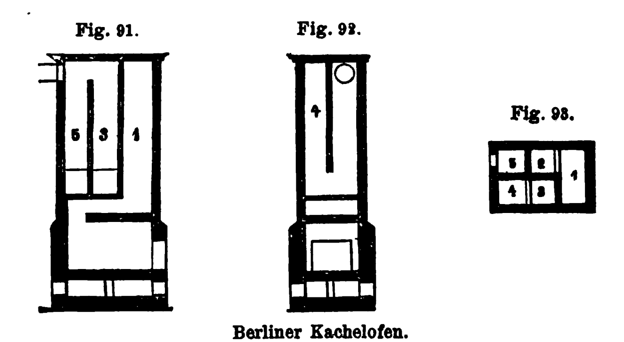
Der Kaminraum, welcher sich nach oben verschmälert, hat gusseisernen Einsatz mit Korbrost a. Die Feuergase gehen in einen kastenartigen Raum q; von hier in die Röhren g2, g1 und endlich in das gemeinschaftliche Rauchrohr e. Der kleinere angefügte Kasten d verhindert die Communication von g1 und g2 von unten und bewirkt durch die Erwärmung der Wand qq die Aspiration der Gase nach dem Rauchrohr. Die Luftzuführung zum Kamin wird durch Schieber lm, durch mit Schlitzen versehene Durchschieber h und endlich durch Stellung des eisernen Vorhanges des Kamins (n) regulirt. Der Kamin übt auch weiterhin einen wesentlich ventilatorischen Effect dadurch aus, dass man zwischen die Ummantelung der Heizröhren und in den Raum i zwischen Kaminwand und Feuerkasten von aussen her (k) frische Luft einführen kann, welche erwärmt nach oben in das Zimmer tritt. Man erkennt leicht, dass auch die strahlende Wärme bei geeigneter Handhabung des Vorhanges und der Schiebervorrichtungen gemässigt werden kann. Indessen ist auch diese Construction aus naheliegenden Gründen für Schulen nicht geeignet.

Wichtiger als die Heizung im Kamin ist diejenige vermittelst Thon- oder Kachelöfen, von denen wir schon wissen, dass sie sich wegen des Wärmereservationsvermögens des Thons zur Beheizung gut eignen. Um in den Kachelöfen die möglichst grosse Ausnutzung der Heizgase zu erzielen, sind in denselben durch Einlegen von Zwischenwänden Züge hergestellt; so repräsentirt sich der Berliner Kachelofen, wie Fig. 91, 92, 93 (in Durchschnitten) erkennen lassen.

Eine gewisse Schwierigkeit in der Benutzung dieser Oefen für die Schule liegt aber darin, dass sie sehr früh angeheizt werden müssen, damit zur Zeit des Beginnes des Unterrichts die Schulzimmer schon die genügende Wärme haben, und dass sie während der letzten Unter-

richtsstunden des Vormittags eine äusserst hohe Erwärmung liefern. Will man daher Oefen, welche täglich von Neuem angeheizt werden und welche durch Wärmeaufspeicherung die Erhaltung der Temperatur in den Klassenräumen bewirken, für Schulen verwenden, so müssen sie mit Vorrichtungen zur mittelbaren Regelung der Wärmeabgabe versehen sein; auch ist dies aus dem Grunde nothwendig, weil der Heizer nicht im Stande ist, die der äusseren Temperatur entsprechende Menge Brennmaterial richtig zu schätzen (Rietschel).

Um die ungenügende Erwärmung mittelst der Thon- und Kachelöfen zu Beginn des Unterrichts zu vermeiden, schlägt Schinz vor, die Luft in energischer Weise zum Mitträger der Wärme zu benutzen, indem man durch den Ofen eine Röhre führt, welche, nahe



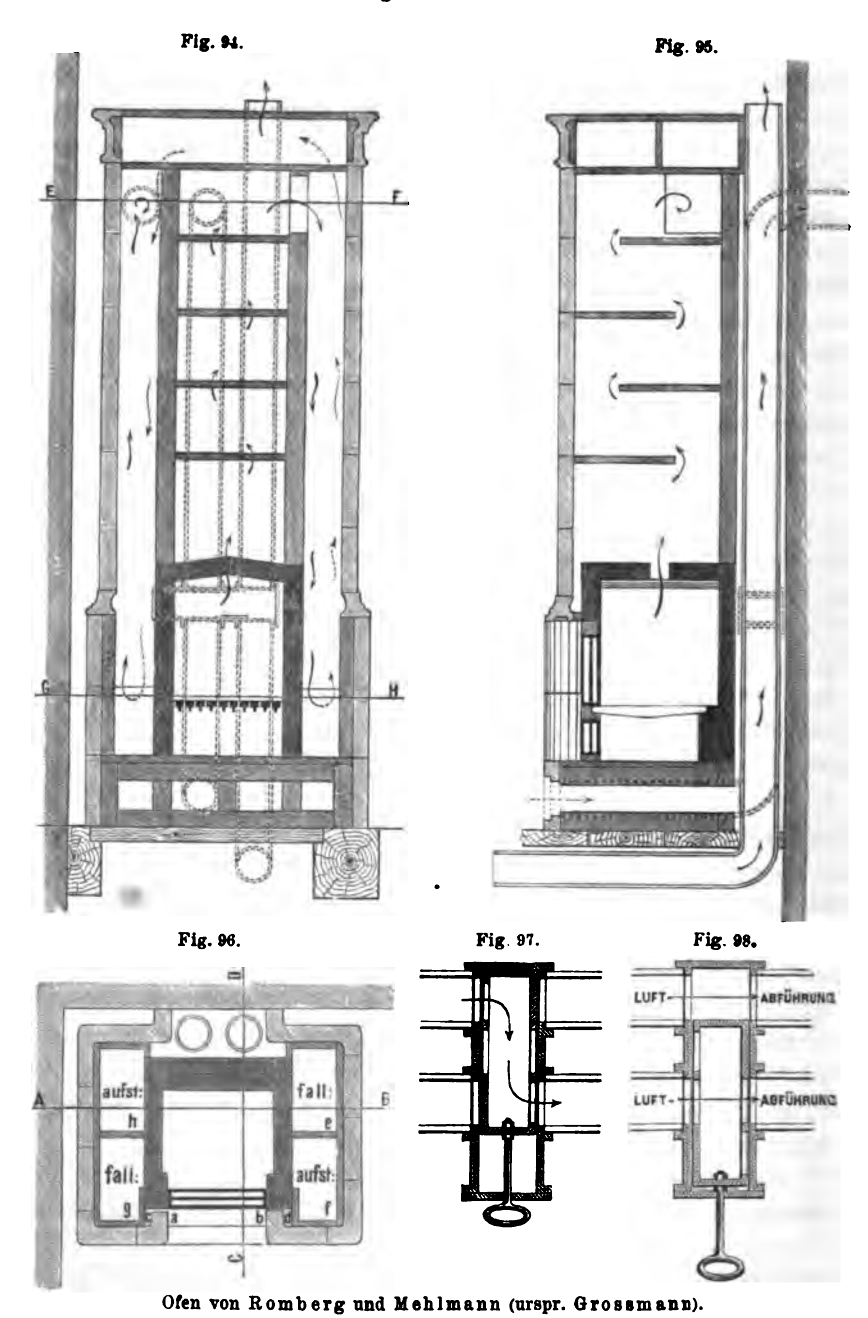
Berliner Kachelofen.

am Boden beginnend, in der Ebene der Ofendecke ausmündet; die in dieser Röhre lebhaft erwärmte Luft gestattet eine rasche Luftcirculation durch den Zimmerraum und so die Möglichkeit, dass die in der Zeit der unterbrochenen Feuerung abgekühlten Wände rasch ihren Verlust decken. Bei dieser Einrichtung wird auch von strahlender Wärme nicht viel wahrgenommen werden.

Ein Ofen dieser Art, welcher indess gleichzeitig der Ventilation des Zimmers dient, ist der Ventilationsofen von Staebe[1]). Derselbe ist im Wesentlichen ein Kachelofen, in welchem einer der verticalen Heizzüge durch ein eisernes Rohr gebildet wird.

Ein guter, gleichfalls neben der Heizung die Luftverbesserung bewirkender Ofen ist der von Romberg & Mehlmann construirte ursprünglich Grossmann'sche Ofen (s. Fig. 94, 95, 96, 97, 98). Heiz- und Aschenthür liegen vertieft in der Nische des Ofenfusses, so dass das Sockel-Gesims zwischen Ober- und Unterkörper voll-

[1]) S. Deutsches Bauhandbuch, p. 426.



Ofen von Romberg und Mehlmann (urspr. Grossmann).

ständig von der Feuerungsthür isolirt ist; der Heizkasten, aus Chamottesteinen gebildet und mit solchen überwölbt, ist ebenfalls

von den Kachelwänden isolirt, indem an der Heizthür eine schmale Luftschicht gelassen ist. Im Uebrigen ist der Ofen in senkrechter Richtung in drei Theile getheilt; in dem mittleren, von einer Ziegelsteinschicht eingeschlossenen Raume, in welchen das Feuer durch einen Schlitz der Ueberwölbung eintritt, sind durch den ganzen Ofen liegende Züge angebracht, in den beiden seitlichen Theilen je zwei stehende Züge; das Feuer nimmt die Richtung, wie die Zeichnungen dies andeuten. Um nun mittelst des Ofens eine rasche Lufterneuerung bewerkstelligen zu können, befinden sich in dem Raume zwischen Ofen und Wand, welcher abgeschlossen und wegen seiner Lage gerade am mittleren Ofentheile stark erhitzt ist, zwei Thonrohre. Das eine dieser Rohre wird nun mit der äusseren Atmosphäre mittelst eines Ventilationscanals in Verbindung gebracht, während es über der Ofendecke in das Zimmer mündet; das andere Rohr ist unter dem Ofen durch den Hohlraum unter dem Rost durchgeführt und mündet am Ofenfuss, durch ein Gitter abgeschlossen, in das Zimmer, während es oben in ein Abzugsrohr geleitet ist. Während also jenes Rohr stets frische Luft ins Zimmer einführt, wird durch dieses die verbrauchte Luft vom Fussboden des Zimmers abgesaugt und weggeführt. Eine Schiebervorrichtung (Fig. 97, 98) gestattet auch die Communication der Luft beider Rohre, und es hängt von der Stellung dieser Schiebervorrichtung ab, ob man den ventilatorischen Effect des Ofens ausnutzen oder durch rasche Circulation die Durchwärmung des Zimmers befördern will.

Einen Anhalt für die zu wählende Ofengrösse bietet ungefähr die nachstehende Tabelle[1]), bei welcher aber der Sockel des Ofens nicht mitgerechnet ist:

Zur Erwärmung von 10 cbm Raum ist an Heizfläche in Quadratmeter nöthig:

Art der Räume	Ohne Ventilation	Mit Ventilation
Geschützt liegende Räume mit Doppelfenstern . .	3,0—3,75	6,0—7,5
„ „ „ „ einfachen Fenstern	4,0—5,0	8,0—10,0
Weniger geschützte Räume (Eckzimmer, grosse Fensterflächen, kalter Fussboden)	4,5—5,5	9,0—11,25
Sehr exponirte Räume mit einfachen Fenstern . .	6,0—7,25	12,0—14,50

[1]) v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, p. 109 (nach Baukunde des Architekten I, 2).

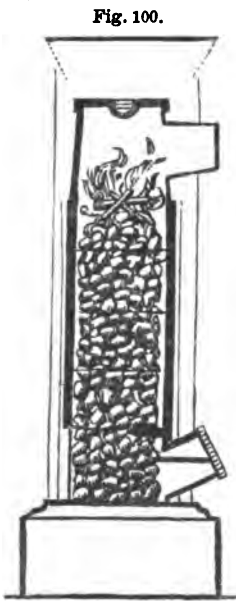
Von den völlig aus Eisen construirten Oefen konnte für Schulen in früherer Zeit kaum Gebrauch gemacht werden. Selbst die anscheinend so vortheilhaften einfachen Füllöfen mussten verworfen werden, weil man nicht im Stande war, des im Ofen erzeugten Hitzegrades völlig Herr zu werden, und weil die Wärmestrahlung zu gross und das Wärmereservationsvermögen zu gering war. In den sog. Eremitageöfen (s. Fig. 99) wurde der Sockel entweder gemauert oder stark in Eisen ausgeführt, um so das Reservationsvermögen zu steigern. Doch bewährten sich dieselben naturgemäss sehr wenig.

Fig. 99.

Eremitageofen.

Die neueren Constructionen haben indess einen Weg eingeschlagen, welcher die Schwierigkeiten, die das Eisen als Constructionsmaterial darbot, zumeist überwindet, und ist durch dieselben die Möglichkeit geschaffen worden, die eisernen Oefen in der That für die Schule zu verwerthen. Obenan erwähnenswerth ist der Meidinger-Ofen, der von Professor Meidinger in Carlsruhe für die zweite deutsche Nordpolexpedition angegeben worden ist, und der sich nach dem Urtheile des Kapitäns Coldewey für den ursprünglichen Zweck und nachträglich auch für die Beheizung von Räumen im Allgemeinen gut bewährt hat. Modificirte Meidinger-Oefen sind in der Schulbaracke in Berlin in Thätigkeit gewesen und haben dort Anforderungen und Erwartungen entsprochen. Bei Aussentemperaturen von minus 10 ° R. und darunter war es möglich, in den Schulzimmern der Baracke durchgängig eine Temperatur von 16 ° R., ja eher noch etwas darüber, zu erhalten, so dass man bei dem ausserordentlich lebhaften Zufluss frischer Luft, wie ihn die Construction der Baracke gestattete, von der Kälte in keiner Weise belästigt wurde. — Der Meidinger-Ofen (s. Fig. 100) besteht aus einem gusseisernen Füllcylinder, welcher mit doppeltem Blechmantel umgeben ist. Der Füllcylinder, welcher keinen Rost hat, ist aus einzelnen Ringen zusammengesetzt: aus einem unteren Ring mit schräg ansteigendem Halse, mehreren Mittelringen und dem

Fig. 100.

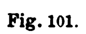


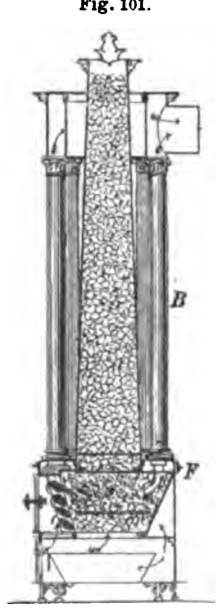
Meidinger-Ofen.

oberen Ring mit Rauchrohransatz und Deckel. Zwei Stangen mit Muttern verbinden diese verschiedenen Ringe zu einem festen Cylinder. Der untere Ring hat eine Thür, welche sich behufs Aschenentleerung nach oben umschlagen lässt und zur Regulirung des Zuges seitwärts verschiebbar ist, wodurch der Luftzutritt auf das Genaueste regulirt werden kann. Man hat dadurch das Feuer so in der Gewalt, dass man die ganze Füllung des Ofens in 3 oder in 24 Stunden niederbrennen lassen kann, dass man z. B. in der Nacht nicht mehr als 3 Pfund Brennmaterial (Koaks) verbraucht. Bei völlig geschlossener Thür erlischt das Feuer gänzlich. Der obere Raum des Halsringes ist mit einer sichelförmigen Platte theilweise geschlossen, damit die durch den Hals einströmende Luft genöthigt ist, in die Mitte des Brennstoffes einzudringen, und letzterer im Halse nicht vorfallen kann. Der Füllcylinder hat eine gerippte Oberfläche, um die wärmeabgebende Fläche zu vergrössern. Der Ofen giebt seine Wärme zunächst an die Luft zwischen innerem Mantel und Füllcylinder ab, alsdann an den inneren Mantel, ferner an die Luft zwischen innerem und äusserem Mantel und endlich an den äusseren Mantel; dadurch ist die strahlende Wärme gänzlich vermieden, dem Ofen also gerade jener Nachtheil genommen, welchen bisher alle eisernen Oefen hatten. Die ausserordentliche Dicke der Wände des Füllcylinders hält die Hitze länger, als sonst möglich war, fest und schützt das Eisen vor rascher Verbrennung; sie verhütet auch das Durchdringen von Verbrennungsproducten.

In der Berliner Schulbaracke hat das aus dem Ofen führende Rauchrohr unterhalb des Rauchstutzens einen dehnbaren Verschluss, einen sog. Ventilationsstutzen, vermittelst dessen der Luftzug im Rauchrohre regulirt werden kann; ferner liegt auf dem Mantel, mittelst einzelner Eisenstäbe sich stützend, etwa in der Höhe von ½ Fuss eine eiserne Platte auf, welche das Aufströmen der erhitzten Luft nach der Zimmerdecke hindert und den Luftstrom zwingt, sich in gewissen Grenzen horizontal weiter zu bewegen. So haben wir denn durch den Ofen alle Forderungen der Hygiene vereint. Wir haben es bei Ausschluss der strahlenden Wärme mit einer gleichmässigen, dauernd wirkenden Wärmequelle zu thun, deren Energie wir nach Belieben steigern können; die Zimmerluft bleibt frei von jeglicher Verunreinigung durch Verbrennungsgase und Staub; sie wird durch eine rasche und lebhafte Circulation gleichmässig erwärmt. Der Ofen wirkt indess nicht allein als Heizapparat; er kann auch als guter Ventilator benutzt werden. Denn bringt man

eine Vorrichtung an, welche den Luftraum zwischen erstem und zweitem Mantel mit der Aussenluft in Verbindung setzt, so wird die kältere Aussenluft durch die vom Ofen erwärmte und nun emporsteigende Luft stets nachgesogen und zwar im Verhältniss der geschaffenen Temperaturdifferenzen. Auf der anderen Seite ist durch den Ventilationsstutzen im Rauchrohre die Möglichkeit gegeben, die abgekühlte Zimmerluft nach Belieben aus dem Zimmer abzuführen; allerdings kann hierdurch eine Abkühlung der Luft im Rauchrohre und damit eine Verminderung in der Auftriebskraft der Verbrennungsproducte hervorgerufen werden. Die Zimmerluft der Schulbaracke war bei geeigneter Verwendung der ventilatorischen Fähigkeit der Meidinger-Oefen während der Anwesenheit von 60 Schülern vortrefflich und machte den Eindruck frischer guter Luft.


Fig. 101.



Wolpert-Ofen.

Eine wesentlich auf ähnlichen Principien beruhende Construction, bei welcher jedoch die Feuerstelle unterhalb der von dem Brennmaterial gebildeten Säule liegt, hat der von Professor Wolpert angegebene Ofen (s. Fig. 101). Dieser hat einen Feuerkasten und einen Füllcylinder, welcher eine Zahl (8—16) enger Heizröhren trägt. Der Cylinder dient wie beim Meidinger-Ofen zur Aufnahme des Brennstoffes; indess findet die Verbrennung nur im Feuerkasten statt. Die Verbrennungsproducte (Gase) durchströmen nun die engen Röhren, welche sich oben zu einem gemeinschaftlichen Kasten vereinigen, und ziehen von hier aus in das Rauchrohr ab. Die Heizröhren bieten eine beträchtliche Oberfläche, welche z. B. bei der grössten Nummer einem Cylinder von 0,76 m Durchmesser entspricht. Die Vertheilung in die engen Röhren hat indess den grossen Vorzug, dass auf diese Weise fast die Gesammtmasse der Gase ihre Wirkung auf die Wände auszuüben vermag, während in einem Cylinder mit weiter Oeffnung die Wirkung der die Mitte einnehmenden Gasmassen auf die Wände verloren ginge und der Nutzeffect ein unzureichender wäre. Der Feuerverschluss ist wie bei dem Meidinger-Ofen; der Füllcylinder ist oben durch einen in Sandverschluss liegenden hermetisch schliessenden Deckel abgeschlossen, wodurch es unmöglich gemacht ist, dass die Verbrennung sich dem Heizmaterial nach oben mittheile.

Dieser Ofen kann fast gar nicht ins Glühen gebracht werden und entwickelt eine äusserst angenehme Wärme; in ihm kann jedes beliebige, auch das anscheinend schlechteste Brennmaterial verfeuert werden. Auch hier sind also alle Uebelstände vermieden, welche sonst wohl den eisernen Oefen zugeschrieben werden; es ist eine constante mässige Wärmequelle geschaffen mit Vermeidung starker strahlender Wärme.

Auch dieser Ofen ist von seinem Erfinder so construirt, dass es möglich ist, ihn zugleich als Ventilator zu verwenden. Der Ofen ist mit einem gusseisernen Mantel umgeben, welcher folgende Einrichtung hat: Der Fuss des Mantels ist mit einer Thür versehen; öffnet man dieselbe, so kann man die Wärme directer als durch den Mantel auf die davorstehenden Personen einwirken lassen. Am Fusse des Mantels befinden sich ausserdem noch an drei Seiten Oeffnungen, welche mit dem Zimmer correspondiren; die vierte Seite steht mit einem Canale in Verbindung, der ins Freie mündet. Die Oeffnungen können sämmtlich geöffnet oder geschlossen werden. Schliesst man den Ventilationscanal, welcher die Luft aus dem Freien zuführt, so wird die Zimmerluft erwärmt, die nun innerhalb des Mantels aufsteigt; indem sie an den Wänden sich abkühlt und niedersinkt, kehrt sie wieder zum Ofen zurück, so dass also einfache Circulation stattfindet. Oeffnet man indess den Ventilationscanal, so wird man im Verhältniss der Temperaturdifferenzen wiederum wie beim Meidinger-Ofen stets frische Luft durch den Luftraum zwischen Mantel und Füllcylinder hindurchsaugen. Die Entfernung der verbrauchten Luft geschieht ebenfalls wie beim Meidinger-Ofen durch das Rauchrohr, ausserdem hier aber noch durch den Rost und die beschriebenen Gasröhren. Auch hier schneidet ein Deckel, oberhalb des Mantels horizontal angebracht, der erhitzten Luft ihren directen Weg nach oben ab und führt sie in horizontaler Richtung wenigstens eine Strecke lang weiter. Beide Oefen sind leicht zu bedienen und zu reinigen.

Sehen wir hier vorläufig von der Ventilationskraft beider Oefen ab und betrachten nur ihre Gebrauchsfähigkeit als Heizvorrichtungen, so werden wir vom hygienischen und technischen Standpunkte aus die Wahl zwischen beiden abhängig zu machen haben zunächst von den Kosten, welche entstehen, wenn eine Temperatur von 15—16° R. hergestellt werden soll. Meidinger's Ofen beansprucht ausschliesslich Koaksheizung, und zwar muss der Koaks in kleinen Würfeln von Nussgrösse zur Anwendung kommen, Wolpert's Ofen kann mit

jedem beliebigen Heizmaterial beschickt werden; es ist daher nach dieser Richtung der Wolpert-Ofen zu bevorzugen. Letzterer bietet ausserdem, wie Niemeyer[1]) mit Recht hervorgehoben hat, den Vorzug, dass er den untersten Luftschichten direct einen gewissen Grad von Wärme zuführt, während der Meidinger die obersten Luftschichten in erhöhtem Masse erhitzt, die niederen aber nur durch Circulation erwärmt. Die sich so ergebenden Temperaturdifferenzen zwischen oberen und unteren Luftschichten sind bei Meidinger's Heizung oft nicht unbeträchtlich. Man wird also, wenn man zwischen Meidinger und Wolpert zu wählen hat, dem Wolpert'schen Ofen wohl den Vorzug geben.

Aehnliche Constructionen sind nun vielfach ausgeführt. Hierher gehört der sog. Pfälzer Schachtofen (Fabrik Kaiserslautern), Fig. 102, 103.

Fig. 102.

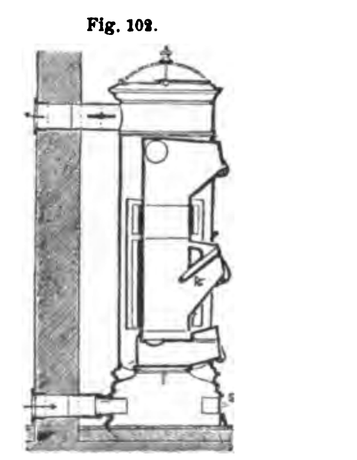


Fig. 103.



Pfälzer Schachtofen.

Die Beschickung des Ofens findet bei continuirlicher Heizung durch den oberen Füllschacht statt, während eine immerwährende Luftzuführung zur besseren Verbrennung der Heizgase durch 2 kleine dreieckige Canäle, welche in den Ecken des Füllschachtes angebracht sind, erfolgt. Die Regulirung der Heizung geschieht durch die vor dem Aschenfall befindliche Thür. Auch dieser Ofen dient, wie die Fig. 102 ergiebt, als Ventilationsofen.

Ein interessanter Ofen dieser Art ist der von Elterich unter der Bezeichnung „Imperator" gefertigte (Fig. 104, 105). Derselbe wird von oben gefüllt, nachdem in den Füllkorb durch eine der Feuerungs-

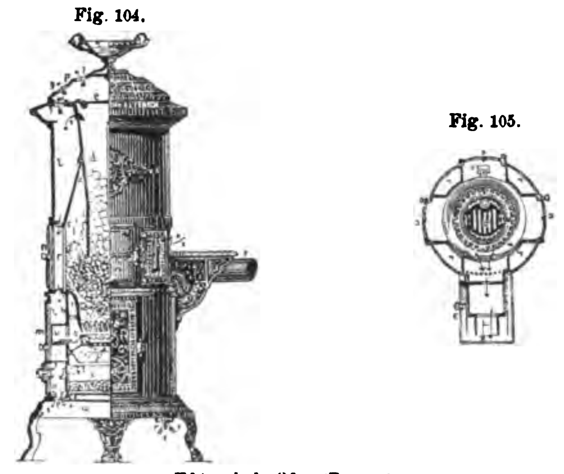
[1]) Niemeyer, Med. Abhandlungen, Bd. III, p. 213 ff.

thüren Anheizmaterial (Papier und trockenes Holz) eingebracht ist. Die Regelung der Feuerung geschieht durch Klappeneinrichtung im Abzugsrohr und durch Register vor dem Aschenfall. Der Ofen dient auch als Ventilationsofen.

Er ist zwischen Mantel und Ofen bis zum oberen Theile des Füllmagazins durch Scheiden in zwei Theile getheilt, wovon die hintere Hälfte mit den beiden Kaltluftzuführungs-Canälen r^1 der Sockelplatte a in Verbindung steht, während die vordere Hälfte mit den Warmluftabführungs-Canälen r der Sockelplatte correspondirt. Sämmtliche Canäle setzen sich in verticaler Richtung um den ganzen Ofen fort. Durch die hinteren Canäle r^1 an der Sockelplatte, die tiefer

Fig. 104.

Fig. 105.



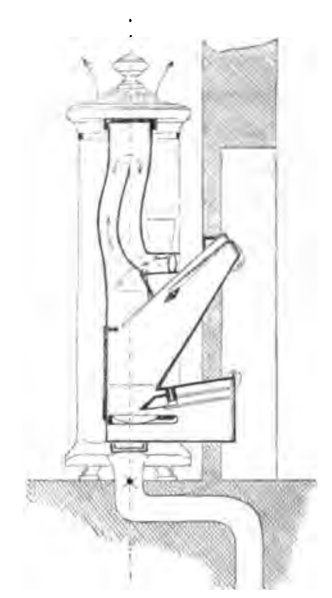
Elterich-Ofen (Benver).

liegen als die vorderen r, wird die kalte Zimmerluft eingesaugt (s. Pfeile 2 2); durch die in verticaler Richtung fortgesetzt aufsteigenden Canäle um den Feuerraum erwärmt, passirt sie die Scheide am oberen Ende des Ofens, um alsdann als erwärmte Luft bei geöffnetem oberen Ventilationsringe o in Richtung der Pfeile 3 3 nach oben auszuströmen oder bei geschlossenem oberen Ringe o, in der Richtung der Pfeile 3 3 ihren Weg abwärts nehmend, durch die beiden Canäle r am vorderen Theile des Sockels auszufliessen und Bodenwärme zu erzeugen. Die Canäle r^1 können auch mit Luftzuführung von aussen verbunden werden. Das Mehr oder Weniger in all den beschriebenen Manipulationen steht in jedes Einzelnen Belieben. Als Heizmaterial dient Steinkohle, Braunkohle und Gaskoaks in Nussgrösse. Indess kann der Ofen auch für Holz- und Torffeuerung eingerichtet werden.

Fig. 106.

Poële ventilatoire (Gaillard, Haillot & Comp.).

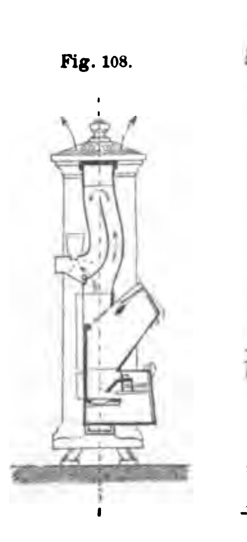
Fig. 107.

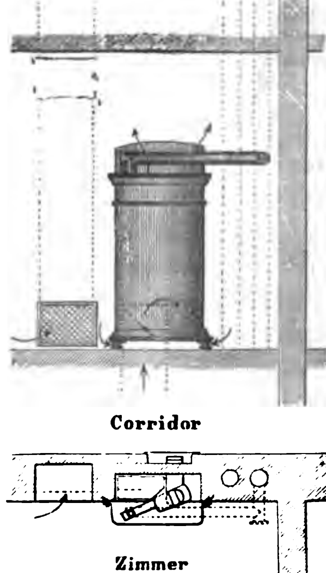


Käuffer-Ofen.

Fig. 109.

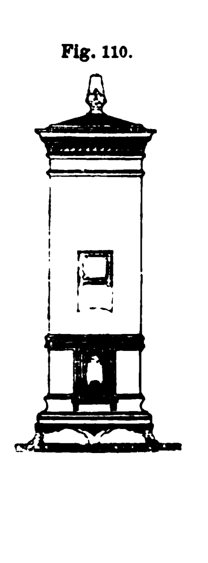
Fig. 108.





Käuffer-Ofen.

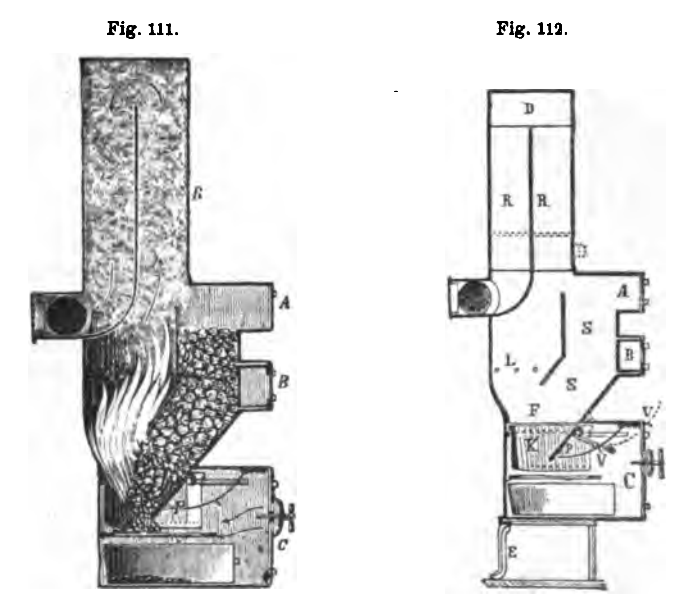
Fig. 110.



Hierher gehört ferner der als „Poële ventilatoire" bezeichnete Ofen von Gaillard, Haillot & Comp. (s. Fig. 106). Derselbe hat im Wesentlichen den Charakter des Schachtofens, ist indessen mit doppeltem concentrischen Mantel versehen und erzielt neben der Durchwärmung des Raumes die Abführung der verdorbenen Luft nach dem Rauchrohr. Durch den doppelten Mantel vermeidet der Ofen möglichst ausgiebig die strahlende Wärme.

Zu diesen Formen der Ventilations- und Schachtöfen gehört weiterhin noch der von Käuffer (Mainz) construirte Ofen (s. Fig. 107,

Fig. 111. Fig. 112.



Keidel's Ofen für Dauerbrand.

A Füllthür, B Feuerungsthür, C Aschenthür, D Deckel, E Bock, F Feuerraum, K Vertical-Rost, L Löcher für die Rauchverbrennung, P Pendelplatte, R Rauchcylinder, S Schüttraum.

108, 109, 110), dessen Construction und Verwendbarkeit sowohl mit Heizung von der Innenseite des Zimmers, als auch von dem Corridor her sich leicht aus den beigegebenen Zeichnungen ergiebt.

Bei Keidel's Patentofen für Dauerbrand (Fig. 111, 112) fehlt die Chamotteausmauerung des Feuerraumes, weil diese die Fortpflanzung der Wärme aus dem Innern an die Aussenfläche des Ofens verhindert, bei einem Ofen für Dauerbrand eine Wärmeaufspeicherung auch nicht nothwendig ist. Um nun aber das Glühen der Ofenwände an der Feuerstelle zu verhüten, wird ein hufeisenförmiger Korbrost K eingesetzt. An ihm ist eine Pendelplatte P angebracht, durch welche

es ermöglicht ist, die Planrostfläche zur Hälfte ausser Betrieb zu setzen, also bei warmem Wetter mit halbem Rost zu feuern. Zieht man zum Abschlacken an der Pendelstange V das untere Ende der Pendelplatte nach vorn (in die punktirte Lage), so ist der Korbrost nach vorn zu geöffnet und man kann mit Leichtigkeit die Schlackenstücke aus dem Korbroste entfernen. Die Vorwärmung und Entgasung des Brennmaterials findet im Schüttraum statt. Durch die Oeffnungen L wird der Flamme nach Bedarf nochmals Luft zugeführt, um die Rauchgase vollständig zu verbrennen. Dieser Ofen kann entweder in der Wand eingemauert sein, oder er wird mit einem weiten Mantel umgeben und mit Einrichtungen für die Zwecke der Ventilations- und Circulationsheizung versehen.

Fig. 113.



Amerikanerofen.

Zu erwähnen sind hier noch die sog. Amerikaneröfen; diese sind gleichfalls Dauerbrandöfen, deren Construction aus Fig. 113 ersichtlich ist (Reissmann in Doos bei Nürnberg). Der Korbrosteinsatz befindet sich in entsprechender Entfernung von der Aussenwand, so dass die brennenden Kohlen mit dieser nicht in Berührung kommen. Ein Erglühen der äusseren Eisentheile ist daher ausgeschlossen. Zur Beheizung wird Anthracitkohle in Nussgrösse gebraucht, die bei genügendem Zuge vollständig und ohne Schlackenbildung verbrennt. In Folge einer nahe dem Fussboden liegenden grossen Heizfläche werden auch die unteren Luftschichten des Zimmers erwärmt und zur Circulation gebracht. Der Ofen gebraucht grosse Mengen Luft und bringt dadurch einen schnellen Luftwechsel hervor. Derselbe ist mit einer leicht zu handhabenden Regulirungsvorrichtung versehen, so dass jede Temperatur in kürzester Zeit hergestellt werden kann.

Schon die oben (p. 411) erwähnten, mit einem mittleren eisernen Heizrohr versehenen Oefen bilden den Uebergang zu den Oefen, bei welchen Eisen und Thon combinirt ist. Bei einigen ist einfach in einen aus Kacheln hergestellten Mantel ein eiserner Heizapparat gleichsam hineingesetzt. Einen solchen Ofen präsentiren Fig. 114, 115.

Die Heizgase des in dem eisernen Kern bei a verbrannten Heizmaterials haben vier stehende Züge des Kachelmantels zu durchziehen. Bei d d und y y sind in dem Kachelmantel Oeffnungen angebracht, welche eine Circulation der Zimmerluft gestatten.

Eine ähnliche Combination bietet der Ofen von C. A. Schupp-

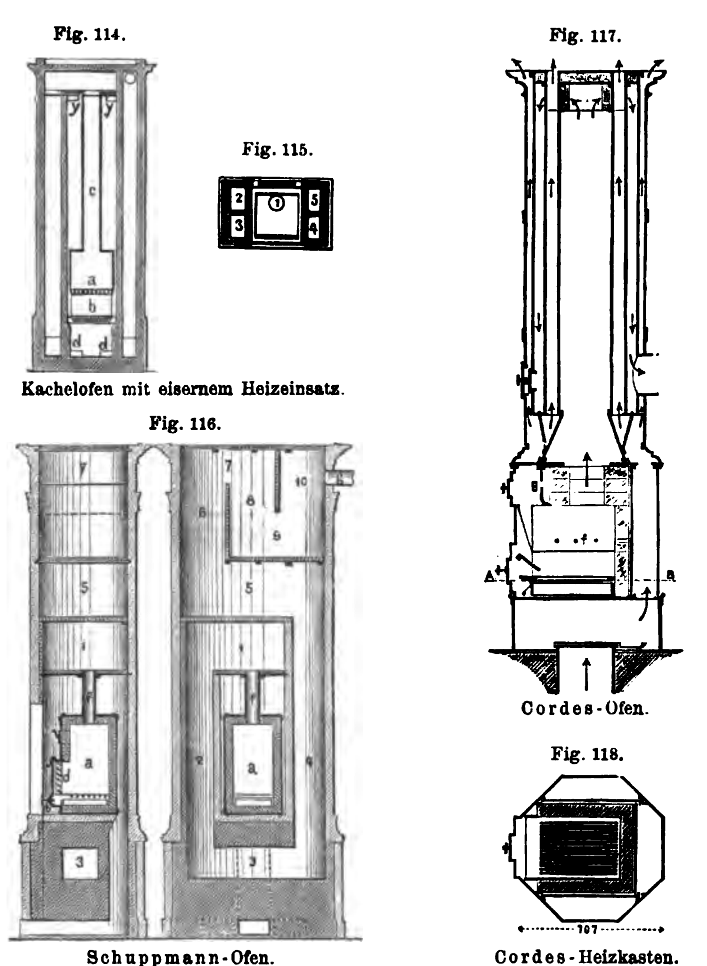


Fig. 114. Kachelofen mit eisernem Heizeinsatz.

Fig. 115.

Fig. 116. Schuppmann-Ofen.

Fig. 117. Cordes-Ofen.

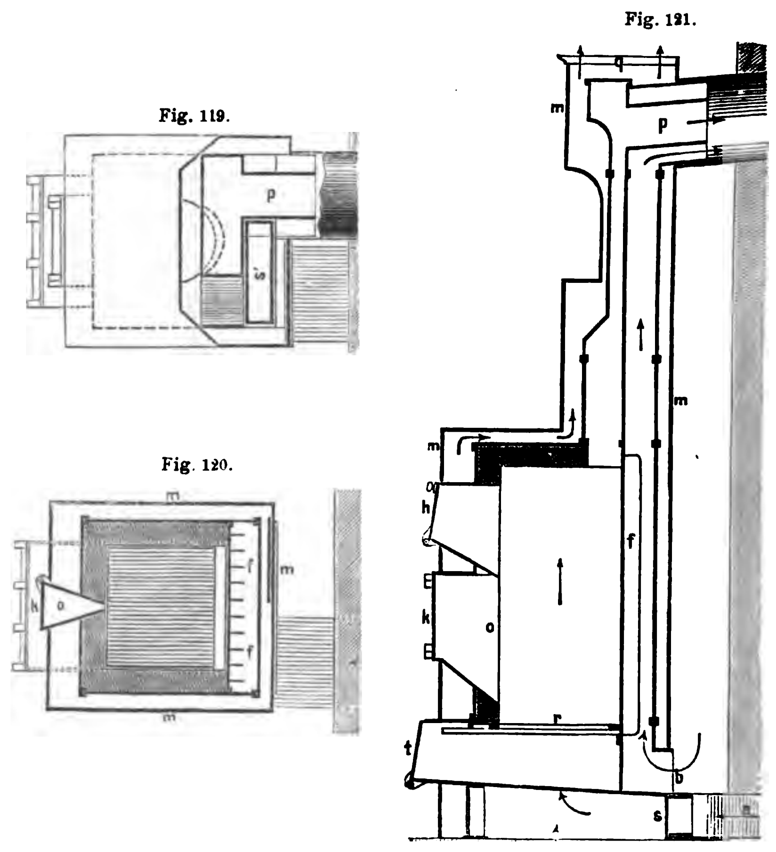
Fig. 118. Cordes-Heizkasten.

mann. Nur ist der eiserne Einsatz kein einfacher eiserner Ofen, sondern ein mit Chamotte gefütterter Füllofen. Durch das Gusseisenrohr f treten die Heizgase in die Züge des Kachelofens ein, wie aus Fig. 116 leicht ersichtlich ist, und nehmen den mit den Zahlen bezeichneten Weg nach dem Schornsteine.

Eine andere Art von Oefen stellt die Combination zwischen

Thon und Eisen nicht sowohl durch die Umkleidung des Ofens, als vielmehr durch die Art der Construction des Feuerraumes dar. Derselbe ist in der Regel aus Chamotte und Eisen construirt in der Absicht, das Erglühen des Eisens und die strahlende Wärme zu verhüten.

Ein Ofen solcher Art ist der Cordes'sche Regulirofen (Fig. 117, 118).



Schmölcke-Ofen.

Derselbe bewirkt neben gutem ventilatorischen Effect eine sehr vollkommene Ausnutzung des Heizmaterials. Er ist allerdings nicht völlig aus Eisen construirt, sondern besteht im unteren Theile, dem eigentlichen Feuerraum, aus einem gusseisernen Kasten, in welchem ein Chamotteeinsatz enthalten ist, so zwar, dass zwischen beiden ein Raum von 1—2 cm Weite bleibt. Der obere Theil des Ofens besteht aus vier concentrischen Cylindern von Eisenblech. In dem äusseren

und inneren der so hergestellten Hohlräume wird die zugeführte frische Luft erwärmt, in dem mittleren werden die Heizgase nach unten zum Schornstein geführt [1]).

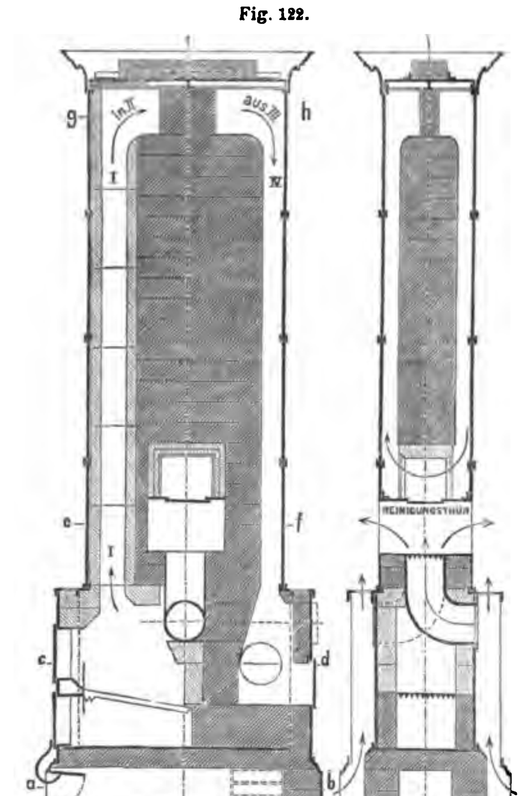
Hierher gehört ferner der von dem Eisenwerk Kaiserslautern construirte Schmölcke-Ofen (Fig. 119, 120, 121). Der Feuerraum ist mit Chamotte ausgekleidet, aber nach hinten davon freigelassen und dort mit Rippen versehen. Im Uebrigen handelt es sich um einen Füllregulirofen von nur etwas absonderlicher, dem Kamin ähnlicher Form. Derselbe gewährt neben der Einführung der durchwärmten frischen Luft oberhalb des Deckels in das Zimmer die Absaugung der verdorbenen Zimmerluft nach dem Schornstein durch einen doppelten Mantel, im Wesentlichen also mit ähnlichem Princip, wie wir es im Poële ventilatoire kennen gelernt haben. Die Zuführung und Abführung der Luft wird durch Schieber regulirt.

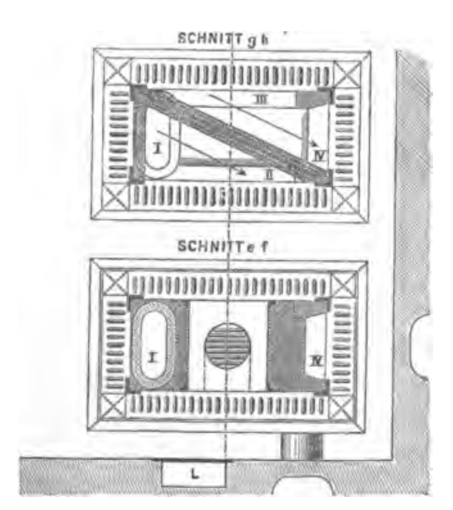
Endlich gehört hierher der von Born (Magdeburg) construirte Magdeburger Lufterneuerungsofen, Fig. 122. Der Erfinder hat die Combination von Kachelofen und eisernem Ofen derart hergestellt, dass er [2]) einfach einen Haufen von Mauersteinen mit einem Eisenmantel umgab. Die auf einem Rost, der leicht allen möglichen Brennmaterialien angepasst werden kann, erzeugten Brenngase streichen in dem zwischen innerem Mauerklotz und äusserem Eisenmantel verbleibenden Schlitze senkrecht in die Höhe, ziehen an der Decke des Ofens entlang, gehen dann in dem an der entgegengesetzten Seite des Ofens gebildeten analogen, doch etwas engeren Schlitz abwärts, um unten in den Schornstein zu entweichen. Die grosse eiserne, im ersten Zuge durch Chamotte geschützte Ausstrahlungsfläche kann nie glühend werden, ist also frei von der unangenehmen momentanen Ueberhitzung, die sonst bei der für das Anheizen des Raumes nothwendig werdenden starken Feuerung wohl eintritt, während der innere Mauerklotz als Wärmereservoir dient, welches die in den Ofengasen enthaltene Wärme aufspeichert, um sie nach Art der Kachelöfen langsam und dauernd wieder abzugeben. Im Fusse des Ofens befindet sich eine verschliessbare Oeffnung, durch welche die Zimmerluft in den Schornstein treten kann. Werden nach dem Abbrennen des Ofens die luftdichten Verschlüsse des Feuer- und Aschenraumes geschlossen, so kann die Verbindung der Zimmerluft mit dem Schornstein vermittelst obiger Oeffnung hergestellt

---

[1]) s. Deutsches Bauhandbuch, p. 423 u. p. 426.
[2]) Thonindustrie-Zeitung 1878, Nr. 39 u. 40.

Fig. 122.





Magdeburger Lufterneuerungs-Ofen von W. Born.

werden, und der erhitzte Schornstein saugt unten beständig Luft vom Fussboden weg und zwingt damit die oberen heissen Luftschichten herabzusinken. In dem Masse, als unten Luft abfliesst, wird oben frische, unverdorbene Luft mittelst geeigneter, an der Zimmerdecke ausmündender Luftcanäle zugeführt. Hier mischt sich die zuströmende Luft sogleich mit den heisseren Schichten, so dass unten keine Zugerscheinungen bemerkbar werden. Ueberdies ist es möglich, durch die Herstellung von Communicationen mit der Aussenluft vermittelst beliebig angelegter Luftzuführungscanäle frische Luft in den Ofen zur Erwärmung zu leiten, so dass auch auf diese Weise der Ofen Ventilationszwecken dient.

Zu den Oefen, welche ein schlecht wärmeleitendes Material mit Eisen verbinden, gehört endlich der von Beyer[1]) in Breslau construirte Graphitofen, Fig. 123, 124, 125, 126, 127, 128, welcher in zwei Ausführungen, nämlich für grössere Räume und mit der

[1]) Deutsche Bauzeitung 1881, Nr. 37i



Aufgabe continuirlicher Leistung als Graphit-Füll-Regulirofen, oder für den Gebrauch zu periodischer Heizung als Graphit-Mantelofen, eingerichtet ist. Auf der Thatsache fussend, dass Graphit vor dem Thon den Vorzug einer mehr als doppelt so grossen Wärmecapacität hat

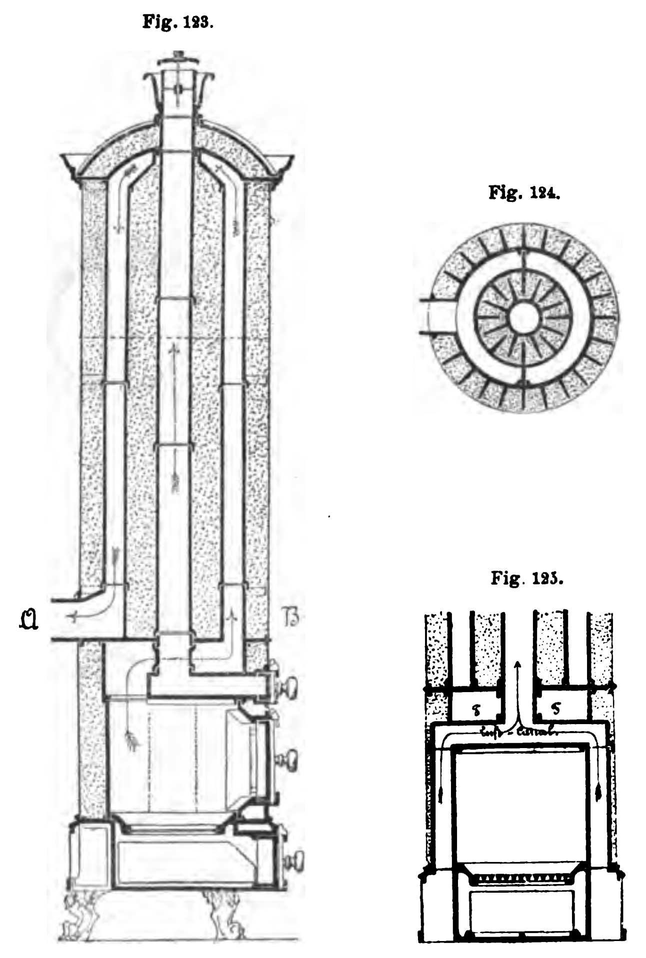
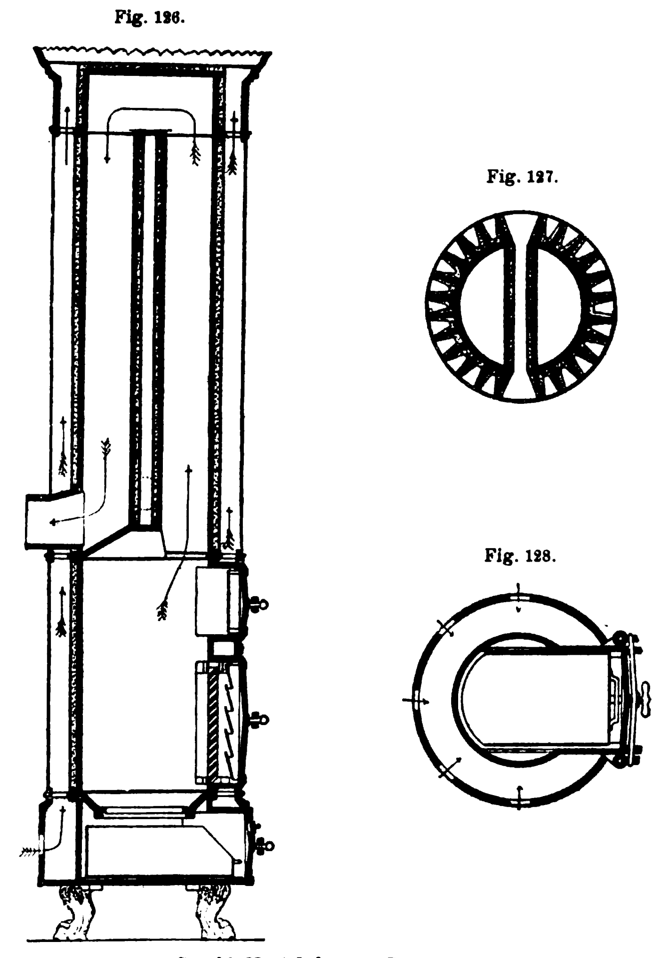


Fig. 123. Fig. 124. Fig. 125.

Graphit-Füll-Regulirofen von Beyer.

(dieselbe beträgt für 1 cbm Graphit = 690, für 1 cbm Thon nur 300), hat Beyer den Graphit als ein vorzügliches Material für Wärmeträger befunden. Das Material ist nicht theuer, da es in Hochöfen massenhaft gewonnen wird. Der Graphit-Füll-Regulirofen besteht im oberen Theile aus vier concentrischen Cylindern, von denen die drei inneren mit Rippen versehen sind, während der äussere glattwandig und aus

Blech gefertigt ist. Der Hohlraum des inneren Cylinders bleibt für das Durchstreichen der Zimmerluft; der mittlere der drei ringförmigen Hohlräume dient für das Durchstreichen der Feuergase, während die zwei anderen mit Graphit angefüllt sind (Fig. 123). Zur



Graphit-Mantelofen von Beyer.

Verlangsamung der Wärmeabgabe muss der auf dem Ofen angebrachte Schraubendeckel geschlossen werden. Beyer berechnet, dass die grössere Sorte dieser Oefen bei Erhitzung des Graphits auf 150 ° C. so viel Wärme erzeugt, dass der Wärmebedarf eines grossen Zimmers für 12—13 Stunden gedeckt ist; indess ist die Anheizdauer eine entsprechend lange und die Regulirung unmöglich.

Der Graphit-Mantelofen (Fig. 126, 127, 128) hat eine weitaus geringere Graphitfüllung, welche in schwachen Lagen in die einzelnen Hohlräume, die durch Umstülpen eines cannelirten Blechmantels über den mit Rippen versehenen cylindrischen Ofen hergestellt sind, gebracht wird. Indem man diesen Mitteltheil mit einem glatten Blechmantel umgiebt, entstehen senkrechte Züge zum Durchstreichen der zu erwärmenden Luft, wie sich aus den Figuren ohne weitere Erläuterung ergiebt.

Hierher gehört dann auch eine Reihe neuerer Oefen von interessanten Constructionen und grosser Leistungsfähigkeit.

Ein in seiner Leistungsfähigkeit trefflicher Ofen ist der von Loenholdt construirte verbesserte amerikanische Ofen (Sanitäts-Spar-Ofen). Derselbe ist als Mantelofen construirt (siehe Fig. 129, 130, 131) und besteht aus einem inneren Heizcylinder a mit Füllschacht b, Korb- und Schüttelrost c d und Feuerzügen e e′ nach und durch den Sockel f; ein Mantel ist um den Ofen excentrisch so versetzt, dass dieser eine regelmässige kreisrunde Grundform erhält. Der Feuercylinder ist zur Vergrösserung der Heizfläche und der Heizwirkung mit Rippen versehen.

Fig. 129.

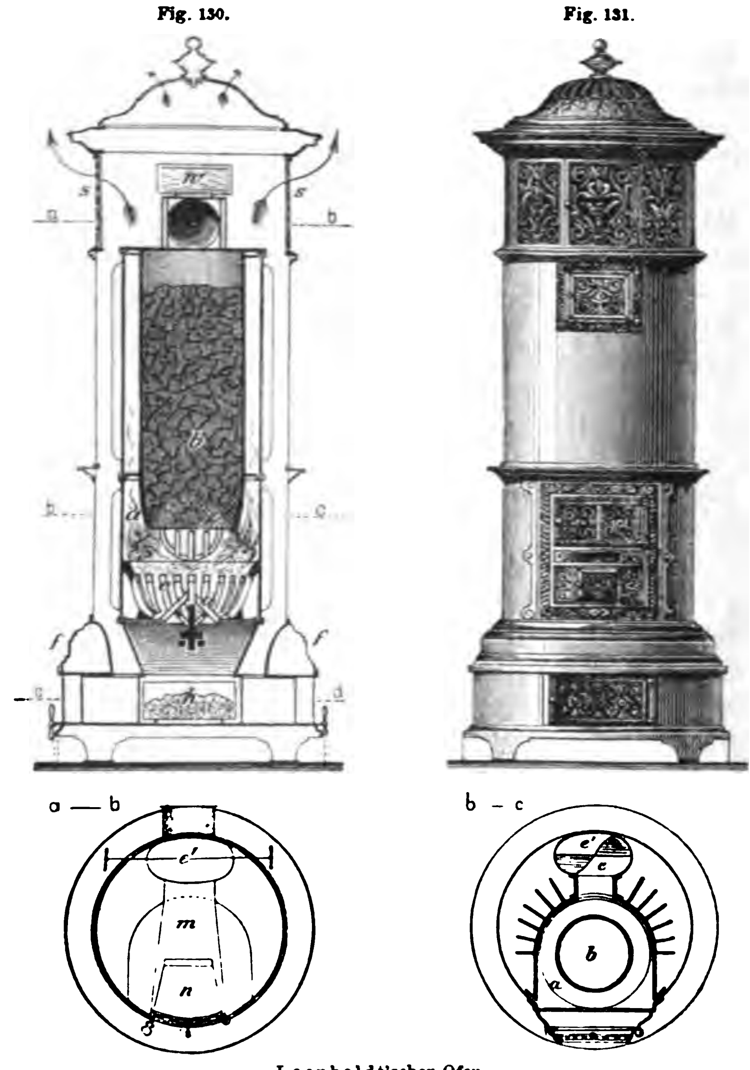
c — d

Loenholdt'scher Ofen.

Das Brennmaterial wird durch die Oeffnung g in den Füllschacht des Ofens eingefüllt; hier wird es vorgewärmt und destillirt, ehe es zur Verbrennung gelangt. Indem die Destillationsgase nach der Feuerstelle strömen, müssen sie mit dem den Füllschacht nach unten abschliessenden glühenden Brennstoff in Berührung kommen und vollständig verbrennen, ehe sie durch die Feuerzüge des Ofens nach dem Schornstein entweichen können.

Entgegen allen amerikanischen Oefen ist bei diesen Oefen der frei hängende Rostkorb c tief und nahe dem Boden, der Aschenfall h sogar unter dem Circulationssockel angebracht. Es ist durch diese

Anordnung nicht nur ein zu tiefes, bei schwach ziehenden Schornsteinen nachtheiliges Herabholen der Feuergase umgangen, sondern diese gelangen schneller und heisser als bei den amerikanischen



Loenholdt'scher Ofen.

Oefen in den Sockel f und ermöglichen deshalb eine weit stärkere Fussbodenheizung.

Die Verbrennungsluft strömt durch die in der Aschenfallthüre i befindlichen, mit Regulirverschluss versehenen Oeffnungen unter dem

heissen Sockel entlang unter den Rost und wird so vorgewärmt, ehe sie zur Verbrennungsstelle gelangt. Zur Erzielung vollkommener Verbrennung wird ferner durch die regulirbare und verschliessbare Oeffnung k Luft in wagerechter Richtung in die Feuergluth und Stichflamme eingeführt.

Zum Luftabzug aus den Räumen, sowie zur Regulirung der Verbrennungsintensität ist über den Heizcylinder a ein Canal m gelegt, welcher vorn nach dem Zimmer, hinten nach dem Schornstein mündet, und welcher theils von der Decke des Feuercylinders, theils von den durch den Canal strömenden Feuergasen stark erhitzt wird.

Durch eine in den vorderen Theil dieses Canals eingesetzte Düse n strömt die Zimmerluft in den Canal und durch diesen in den Schornstein ab. Auf der Innenmündung dieser Düse ist eine Glimmerscheibe o so befestigt, dass dieselbe je nach der Zugkraft des Schornsteins sich mehr oder weniger hebt und dem Luftabzug nach dem Schornstein freien Durchlass gewährt, wodurch ein automatisches Reguliren der Verbrennungsintensität bewirkt wird. Bei schwachem Schornsteinzug oder Rückschlägen schliesst die Glimmerplatte die Düse und den Canal nach dem Zimmer zu ab und verhindert so das Austreten von Gasen nach dem Zimmer. Der Abschluss des Canals nach dem Schornstein kann gleichfalls durch das Schliessen des an der Zimmermündung des Canals befindlichen Ventilationsschiebers p bewerkstelligt werden.

Die Ventilationssockel sind so eingerichtet, dass sie entweder zum Einführen reiner Aussenluft durch Canäle unter dem Fussboden q oder in der Corridorwand r, oder auch zur Circulation der Zimmerluft dienen. Dicht am Fussboden tritt die Circulationsluft in den geheizten Sockel des Ofens ein und verlässt denselben, zwischen Heizcylinder und Mantel emporsteigend, durch die im oberen Theil des Mantels vorhandenen Durchbrechungen s, nachdem sie noch durch ein Wasserverdunstungsgefäss w mit der nöthigen Feuchtigkeit gesättigt ist.

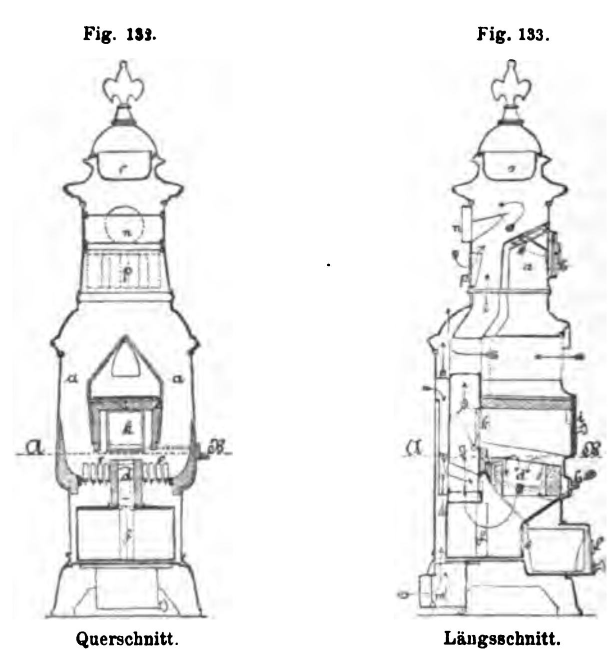
Die Oefen können zur Heizung einzelner oder auch mehrerer zusammenhängender Räume benutzt werden. Im letzteren Falle werden eine oder mehrere Sectionen des durchbrochenen Gitters s im oberen Ofen herausgenommen und von den so gebildeten Oeffnungen mit Drosselklappen verschliessbare Blechcanäle nach den zu beheizenden Nebenräumen geführt und in der Wand der Nebenräume mit dem dem Ofen entnommenen Ziergitter gedeckt.

Die Bedienung des Ofens ist einfach und beschränkt sich auf

das einmalige Nachfüllen von Kohlen in den Füllschacht und auf das Entleeren des Aschenkastens alle 24 Stunden, sowie auf die Regulirung der Verbrennungsintensität durch Oeffnen und Abstellen des in der Aschenfallthüre befindlichen Regulirschraubenverschlusses.

Eine eigenartige Construction bietet Loenholdt's neuerdings construirter Sturzflammen-Ofen. Wie aus den in Fig. 132, 133 dargestellten Längs- und Querschnitten ersehen werden kann, ist die Feuerung eine zweitheilige, gebildet durch die zwei Pendelstab-Korb-

Fig. 132. Fig. 133.



Querschnitt. Längsschnitt.

Loenholdt's Sturzflammen-Ofen.

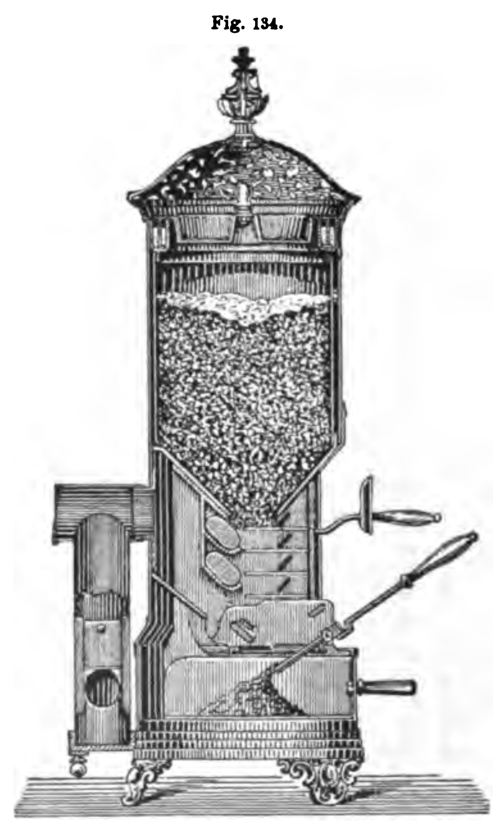
roste c links und rechts von dem Schlitz der Verbrennungskammer d. In letzteren stürzen von beiden Seiten die Flammen, indem sie sich gegenseitig durchdringen und unter Zuführung vorgewärmter Luft die flüchtigen Verbrennungsgase und unverbrannten Kohletheilchen verzehren. Bei f trennen sich die Flammen, um als Heizgase am Hinterteil des Ofens durch die Züge g und den Oberofen aufzusteigen und von da bei n in den Kamin zu entweichen. Ueber den Rosten c befinden sich die Füllschächte a, welche mit Füllthüren geschlossen sind. Die mit Glimmerscheibe versehene Thür i dient zum Anmachen und Beobachten des Feuers, während durch die Stocherthürchen h der Rost geschüttelt und gereinigt, wie auch der

Zug regulirt wird. l ist die Aschekastenthür, k die Klappe, um beim Anfeuern directen Zug zu geben, e ein Reinigungsthürchen zur Entfernung der Flugasche aus der Verbrennungskammer, p der Gegenzugschieber, durch dessen Oeffnen der Verbrennungsprocess verlangsamt werden kann. Die Wechselklappe m im Sockel des Ofens ermöglicht es, denselben je nach Bedürfniss für Ventilations- oder Circulationsheizung einzustellen. o ist die Verdampfungsschale. In dem Schlitz der Verbrennungskammer d findet, unterstützt durch die besondere Art der Rostconstruction und die Art der Luftzuführung, eine vortreffliche Mischung der Verbrennungsluft mit der Flamme statt, so dass von vornherein eine viel bessere Verbrennung mit bedeutend höherer Heizentwickelung veranlasst wird. Die Wandungen der aus Chamotte hergestellten Heizkörper und des Hitzesammlers, die unbedenklich bis zur Weissgluth erhitzt werden können, bilden ein nachhaltiges Hitzereservoir, in welchem alle verbrennlichen Theile der Flamme verzehrt werden, so dass nur rein ausgebrannte Flammen in die Feuerungszüge gelangen. Für den Abzug der Heizgase ist der natürlichste Weg von der heissesten Stelle der Feuerung nach dem Schornstein geschaffen. Der Schwierigkeit, die darin liegt, dass die Entwickelung der Gase und Dämpfe aus der Kohle nicht gleichmässig erfolgt, sondern stets unmittelbar nach dem Aufschütten des Brennmaterials am grössten ist und dann allmählich abnimmt, begegnet Loenholdt durch die besondere Construction seines beweglichen Pendelstab-Korbrostes; dieser ist nach vorn geneigt und besteht aus einzelnen einfachen oder Doppelroststäben, die sowohl in wagerechter als auch in senkrechter Richtung bewegt werden können. Diese Construction hat den Vortheil, dass der Brennstoff an der Stelle verflammt wird, wo die reichlichste Mischung mit dem Sauerstoff der Luft stattfindet. Ausserdem ist durch die Anlage sowohl das Aufrütteln des Brennstoffes als auch die Entfernung von Asche und Schlacken erheblich erleichtert.

Hierher gehört auch der jetzt sehr verbreitete Cadé-Ofen, welcher eigentlich einen Kaminofen darstellt, indess von erheblicher Leistungsfähigkeit ist. Der Cadé-Ofen (Keyling & Thomas, Berlin) ist für Dauerbrand eingerichtet und wird mit Anthracit in einer Korngrösse von 10—12 mm beschickt. Gewöhnlich brennt der Ofen mit einer Füllung 12 Stunden; doch soll durch sorgfältige Regulirung eine Brenndauer bis zu 50 Stunden erreicht werden können. Der Feuerraum ist auf vollständige Verbrennung eingerichtet. Wie diesbezügliche Untersuchungen ergeben haben, finden sich Kohlenoxyd,

Wasserstoff und Kohlenwasserstoff nicht in den Rauchgasen. Der Ofen wirkt hauptsächlich durch Strahlung. Kein anderer Feuerraum soll den Cadé-Ofen in der Ausstrahlung directer Wärme erreichen; es sollen 82 % der erzeugten Wärme im Raume verbleiben, während nur 18 % durch das Rauchrohr entweichen. Wegen seiner wesentlichsten Wirkung durch Strahlung müssen aber bei der Verwendung

Fig. 134.



Cadé-Ofen.

dieses Ofens zur Heizung von Schulzimmern noch besondere Vorkehrungen getroffen werden, dass die Schüler nicht durch die strahlende Wärme belästigt werden. Im Feuerraum befinden sich einige Chamotteplatten zur Aufspeicherung von Wärme. Trotz der nach dem Zimmer hin offenen Feuerung dringen keine Verbrennungsproducte in den zu beheizenden Raum, weil der Zug im Ofen ein überaus kräftiger ist. Beim Reguliren des Ofens kommen drei Punkte in Betracht: das Oeffnen des Abstechschiebers, das Abstechen der Asche

und die Verwendung eines oder mehrerer Vorhänge vor dem Feuerraum. Beim richtigen Verhalten in diesen Punkten kann der höchste Heizeffect erzielt werden. Die Füllung des Ofens erfolgt von oben

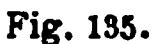
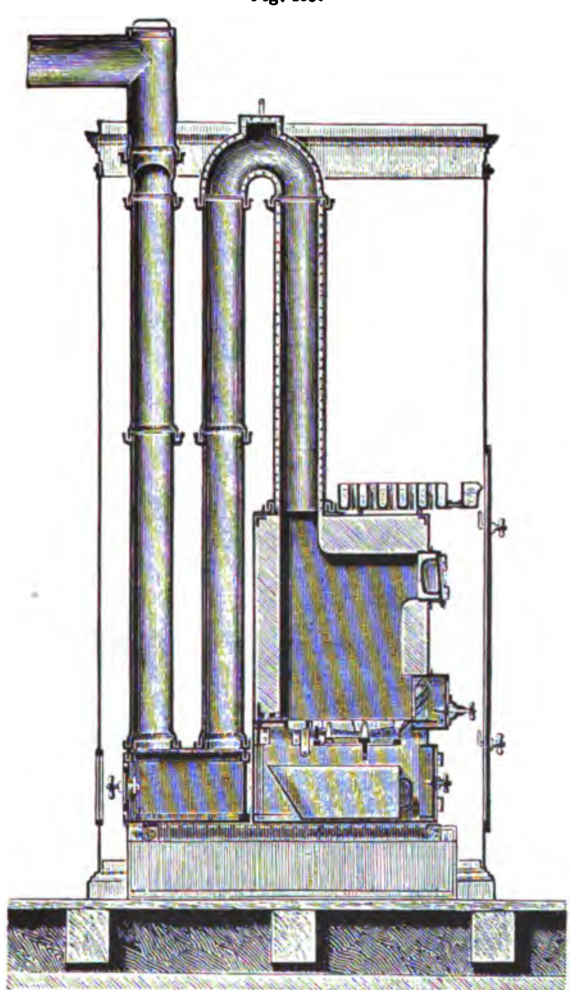


Fig. 135.



Regulir-Mantelofen von Kelling.

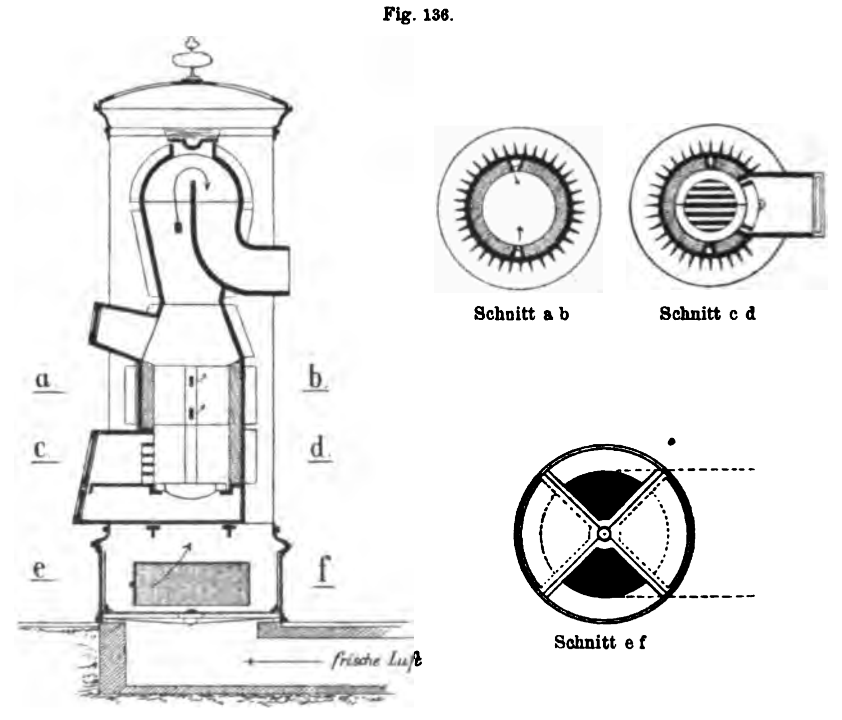
her, indem man den Deckel, der in einem Sandring steht, entfernt. Hier befindet sich auch ein Wasserverdunstungsgefäss.

In den letzten Jahren ist endlich noch eine Reihe von Oefen construirt, von denen wir einige typische Formen vorführen müssen.

Zu den Regulir-Mantelöfen gehört der von Kelling gebaute

Ofen. Wird die im Mantel befindliche Thür geöffnet, so führen hinter dieser drei übereinander liegende Thüren in den eigentlichen Ofen; die oberste Thür ist die Einführungsthür, die mittlere die Regulirungsthür und die unterste die Aschfallthür. Der Rost ist theils Steh-, theils Planrost. Der Feuerraum, über welchem der Wasserverdampfer liegt, ist mit Chamotte ausgekleidet, um das Erglühen der Ofenwände zu verhüten. Die Abgase ziehen erst durch mehrere Züge, um ihre Wärme möglichst vollständig abzugeben.

Fig. 136.



Sturm's Füll-Regulir-Mantelofen.

Der Ofen ist so eingerichtet, dass in dem Mantel sowohl die Zimmerluft als auch die von aussen hergeführte Frischluft erwärmt werden kann.

Die Oefen von Sturm sind gleichfalls Mantelöfen. Der eigentliche Ofenkörper besteht aus zwei Theilen, und zwar aus dem eigentlichen Feuercylinder und aus dem an denselben sich anschliessenden, mit vielen Rippen versehenen Wärmeausnutzer. Der Feuercylinder ist mit einem Plan- und einem Etagenrost versehen; ausserdem ist derselbe durch Chamotte und dazwischen liegende gusseiserne Luft-

canäle (s. Schnitt a b Fig. 136) ausgefüttert, so dass einestheils dem Brennmaterial in jeder Höhenlage Luft zugeführt, anderntheils aber durch die in den Eisencanälen sehr stark vorgewärmte Luft eine rationelle Verbrennung und Rauchverzehrung erzielt wird. Durch die starke Ausmauerung des Feuercylinders kann kein Theil desselben glühend werden; ausserdem giebt dieselbe dem Ofen ein lang anhaltendes Wärmereservationsvermögen, so dass auch bei Erlöschen des Feuers, ähnlich wie bei den Thonöfen, eine längere Zeit andauernde milde Wärmeabgabe stattfindet. Durch die aufgeschliffenen Füll-, Feuer- und Aschenthüren ist eine Regulirung des Feuers mittelst einfachen Seitwärtsschiebens ermöglicht. Der Ventilationssockel (s. Schnitt e f) ist sowohl für reine Ventilations- als auch für Circulationsheizung eingerichtet, indem durch einen Schieber entweder die Zufuhr von Aussenluft oder das Zuströmen von Zimmerluft nach dem Mantel erreicht wird.

Die unter dem Namen irische Oefen eingeführten Füllöfen sind im Wesentlichen so construirt, dass ein grosser Füllschacht mit angeblich regulirbarer Luftzuführung nach dem Rost einen Dauerbrand gewährleistet. Indess ist wegen des mangelhaften Luftabschlusses die Luftzuführung thatsächlich nicht zu regeln, so dass ein unregelmässiges und unsparsames Verbrennen des Heizmaterials Statt hat. Ausserdem ist aber noch die Gefahr des Einströmens von Verbrennungsgasen in die Wohnräume bei jeder auch nur geringen Störung im Rauchrohre in nicht geringem Grade vorhanden. Der Ofen ist unter solchen Verhältnissen als Schulofen kaum ernst in Betracht zu nehmen.

Unter der grossen Zahl der stets neu auftauchenden Constructionen können die gekennzeichneten Oefen gewissermassen als Typen dienen; zur weiteren Orientirung muss auf die Fachschriften verwiesen werden. Wenn man unter den vielen existirenden Oefen eine Wahl zu treffen hat, so wird man denjenigen Oefen den Vorzug geben, welche den oben entwickelten hygienischen Anforderungen in der Leistung zunächst stehen. Man wird aber gerade hier, wo viele Heizapparate zu bedienen sind, wesentlich den Ton darauf legen, dass mit der Leichtigkeit der Bedienung Schnelligkeit des Effectes, Andauer desselben und vor Allem auch Sauberkeit und Regulirbarkeit Hand in Hand gehen. Es leuchtet ein, dass mit Rücksicht auf diese Ziele die mit Mänteln versehenen, in Eisen und Thon construirten Regulirfüllöfen den ersten Platz einnehmen; ihnen zunächst dürften die

eisernen Regulirfüllöfen kommen, während einfache Thonöfen oder gar einfache eiserne Oefen in der Rangordnung am tiefsten zu stehen kommen. In den Mantelreguliröfen darf indess die Luft nicht zu hoch erwärmt werden; sonst muss vom Mantel aus ein bis an die Decke reichender Canal vorgesehen werden, in dem sich die erwärmte und die kühlere Luft mischt (Rietschel).

Als Nachtheile der localen Heizung sind folgende anzuführen: Die Zimmeröfen beanspruchen Platz in dem in seinen Raumverhältnissen immerhin beschränkten Schulzimmer. Ihr Betrieb ist theurer als bei einer centralen Heizanlage. Eine Verunreinigung der Zimmerluft kann durch die Verbrennungsproducte entstehen, indem diese bei widrigen Winden aus dem Ofen in das Zimmer gedrängt werden. Durch das Befördern der Brennmaterialien und der Asche entsteht eine nicht geringe Verschmutzung des Hauses und eine Verunreinigung der Luft. Der localen Heizung muss in Folge der zahlreichen Feuerstellen und Rauchfänge eine gewisse Feuergefährlichkeit zugeschrieben werden. Da jeder Ofen besonders beschickt, regulirt und entleert werden muss, so ist die Bedienung eine schwierige. In den Zimmern haben diejenigen Plätze, welche in der Nähe der Oefen liegen, oft unter grosser Wärme zu leiden. Die Oefen können zumeist nicht an den Stellen des Zimmers aufgestellt werden, wo eine Erwärmung am nothwendigsten ist (an Aussenwänden, in Fensternischen).

Wird die Heizung der Oefen nicht vom Zimmer aus, sondern vom Corridor her besorgt, so ist dadurch die Verunreinigung der Zimmerluft mittelst des Brennmaterials und der Asche aufgehoben, wie auch ein Eindringen der Verbrennungsproducte in das Zimmer bei sonst dichten Oefen ausgeschlossen ist, da die Ofenthüren nach dem Innern fehlen; im Uebrigen bleiben aber auch bei dieser Modification alle Nachtheile bestehen, die der localen Heizung anhaften. Man wird die locale Heizung darum nur dort anwenden, wo es sich um einfache Verhältnisse handelt, wo also Einrichtung und Betrieb einer Centralheizung zu theuer sein würden.

Centralheizungen.

Die Centralheizungen, auch Sammelheizungen genannt, unterscheiden sich von den localen Heizungen, wie schon der Name angiebt, dadurch, dass die gleichzeitige Erwärmung mehrerer Räume von einem einzigen Feuerheerde ausgeht, welcher ausserhalb der zu beheizenden Räume steht. Als Träger der Wärme, die von der

Feuerungsstelle nach den einzelnen Räumen geleitet werden muss, dienen Luft, Wasser und Dampf oder auch Combinationen dieser Mittel, und danach unterscheiden wir:

I. Luftheizung (Feuerluftheizung).

II. Wasserheizung.
- a) Warmwasserheizung.
  1. Niederdruck-Warmwasserheizung.
  2. Mitteldruck-Warmwasserheizung.
- b) Heisswasserheizung.

III. Dampfheizung.
- a) Niederdruck-Dampfheizung.
- b) Hochdruck-Dampfheizung.

IV. Combinationen
- a) aus I und II: Wasser-Luftheizung;
- b) aus I und III: Dampf-Luftheizung;
- c) aus II und III: Dampf-Wasserheizung.

Bei allen diesen Systemen wird in letzter Linie natürlicherweise die Luft der Verbreiter der Wärme, und die Namen besagen nur, auf welchem Wege die Luft zu ihrer Wärme gelangt.

Luftheizung (Feuerluftheizung).

Luftheizung, für welche im Gegensatze zu den combinirten Luftheizungen jetzt zumeist die Bezeichnung Feuerluftheizung gebraucht wird, nennt man diejenige Heizung, bei welcher die Luft direct von festen Wärmeträgern (Thon und Eisen) ihre Wärme empfängt. Bei diesem System sind ähnlich wie bei einem Zimmerofen Feuerstelle und Wärmeabgeber zu einem Ganzen vereinigt, so dass die beschriebenen Ofenheizungen in diesem Sinne auch Luftheizungen sind. Von Centralluftheizung spricht man, wenn für eine Reihe von Räumen ein gemeinsamer Ofen die gesammte Luftmenge erwärmt, welche für die Räume nöthig ist, um sie auf einer bestimmten Temperatur zu erhalten. Denken wir uns einen grossen Wolpert'schen Ofen in dem Keller eines Schulhauses stehend und die Vorkehrungen getroffen, dass die von ihm ausgehende erhitzte Luft in eine Reihe von Schulzimmern hineingeführt wird, so würden wir die Anlage eine Centralluftheizung nennen. An Stelle des Einzelofens tritt hierbei ein grösserer Heizapparat (Calorifer), welcher in einer besonderen, tiefliegenden Heizkammer steht, aus der dann die

erwärmte Luft durch Canäle nach den zu beheizenden Räumen geleitet wird. Nachdem die Luft hier sich durch Abgabe ihrer Wärme abgekühlt hat, wird sie durch Abluftcanäle aus dem Raume entfernt.

Fig. 137 giebt den Durchschnitt einer von der Firma Rietschel und Henneberg in Berlin ausgeführten Anlage. Man erkennt leicht im unteren Theile die eigentliche Heizanlage (Calorifer nebst Heizkammer), im oberen ein darüber liegendes Klassenzimmer.

a sind die mit Rippen versehenen Caloriferrohre, welche behufs Regelung der Ausdehnung durch die Wärme auf Rollen liegen.

b ist der Rost der Feuerung (Planrost). Der Feuerraum und der Anfangstheil der Caloriferrohre sind mit Chamottesteinen ausgemauert, so dass ein Erglühen derselben unmöglich gemacht ist.

c ist der Rauchcanal,

d der durch eine Drosselklappe (n) regulirbare Frischluftcanal.

e f g sind die mit Regulirungsklappen versehenen Anfänge der Warmluftcanäle. Die Regulirung geschieht vom Heizer mittelst über Rollen geführter Ketten.

h ist die Ausströmungsöffnung im Erdgeschoss, welche vom Zimmer aus nochmals durch die mit Stellquadrant versehene Drosselklappe (i) regulirt werden kann.

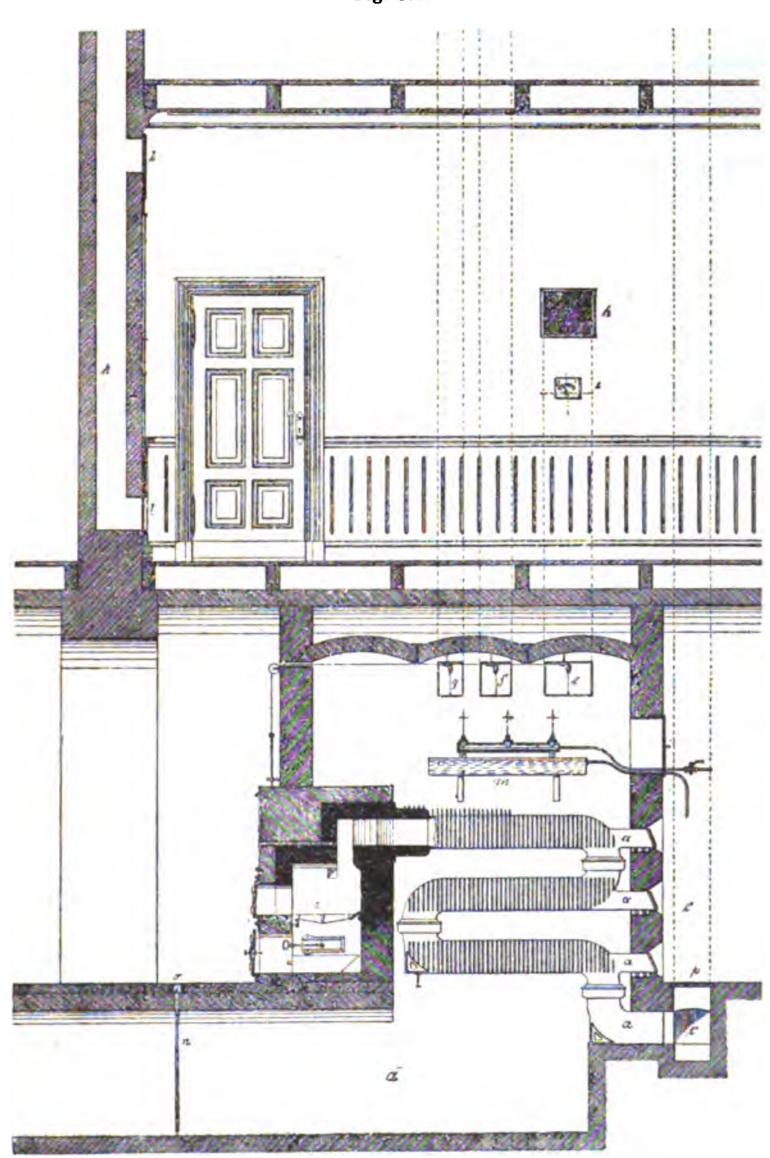
m ist ein Wasserverdunstungsgefäss. Ueber demselben ist ein mit der Wasserleitung in Verbindung stehendes Rohr angebracht, aus welchem Wasserstrahlen gegen die darüber angebrachten Calotten geschleudert werden; das Wasser wird solchermassen in einen ganz feinen Sprühregen verstäubt. Das überflüssige Wasser tropft nach m ab und wird eventuell durch ein Ableitungsrohr abgeführt.

p ist die Abdeckplatte zur Reinigung des Fuchses.

In dem Schulzimmer befindet sich an den nach dem Luftabführungscanal (k) führenden Oeffnungen ein Doppelschieber (l l), welcher ein gleichzeitiges Schliessen beider Ventilationsöffnungen nicht gestattet, sondern stets die eine offen lässt, wenn die andere geschlossen ist. Durch die obere Oeffnung wird die zu heisse, durch die untere die kühlere Luft des Zimmers abgeführt.

In der neuesten Construction der Caloriferen von Rietschel und Henneberg geschieht die Feuerung mit Planrost, kann aber auch als Schüttfeuerung eingerichtet werden. Der Anfangstheil des Calorifers ist zum Zwecke der Chamotteausmauerung weiter als die Fortsetzung. Die Rippen stehen nur an den Seitenwänden des Calorifers, während die wagerechten Flächen, auf denen sich der Staub zumeist ablagert, glatt bleiben und sich daher leicht reinigen

Fig. 137.



Heizkammer, Calorifer und Schulzimmer nach **Rietschel & Henneberg.**

lassen. Ueber dem Heizapparat steht die Befeuchtungspfanne, die vom Heizerstand aus gefüllt wird.

Da bei den meisten Heizsystemen viele dieser Theile wiederkehren, so seien letztere, um Wiederholungen zu vermeiden, hier

gleich ausführlich erörtert. Wir haben bei der Luftheizung der Reihe nach zu berücksichtigen: die Anordnung der Luftentnahme, die Reinigung der Luft, die Ausführung der Calorifere, die Einrichtung der Heizkammern, die Befeuchtung der erwärmten Luft, die Mischung und Vertheilung der Heizluft, die Ausströmungsöffnungen für die Heizluft und die Canäle für die Abführung der verbrauchten Luft aus den Zimmern.

Die Anordnung der Luftentnahme. Da die Feuerluftheizung grosse Mengen Luft den Zimmern zuführt, so ist an erster Stelle auf thunlichste Reinlichkeit der Luft zu achten. Selbstverständlich wird die Luft da hergeholt, wo sie am reinsten ist, also aus Gärten und Schulhöfen von geschützten Stellen, niemals aber aus Kellern, Lichtschächten, engen Höfen und aus der Nähe von Dunggruben und Aborten. Wenn man gezwungen ist, die Luft von der Strasse her oder von ungeschützten Stellen des Schulhofes zu entnehmen, so muss die Mündungsöffnung des Luftführungscanals etwa 2—4 m und darüber über Terrainhöhe liegen, weil die unteren, in der Nähe der Erde befindlichen Luftschichten mit gröberen Staubtheilchen verunreinigt zu sein pflegen. Geht man, wie auch empfohlen, bis zu 5—10 m Höhe, so ist die Nähe von Schornsteinen und von Mündungen der Luftabführungscanäle zu vermeiden, weil sonst Rauch, Russ, Verbrennungsproducte oder verbrauchte Luft mit in die Frischluftcanäle einströmen können. Um die niedriger gelegenen Mündungsöffnungen gegen das Eindringen von Staub zu schützen, ist es auch zweckmässig, sie mit Strauchwerk und Bäumen zu umpflanzen. Zum Schutze gegen die wechselnde Einwirkung der Windrichtung empfiehlt Rietschel, Luftentnahmestellen an zwei verschiedenen und möglichst entgegengesetzt gelegenen Stellen des Gebäudes anzulegen und je nach dem herrschenden Winde die eine oder die andere in Benutzung zu nehmen. Liegt die Entnahmestelle entfernt vom Gebäude, so muss die Luft durch einen Canal nach der Heizkammer geleitet werden. Unterirdische Canäle sucht man nach Möglichkeit für die Luftleitung zu vermeiden; wenn diese aber angewandt werden, so müssen sie sehr sorgfältig gegen Nässe und Grundluft geschützt werden (Schmidt)[1]. Der Querschnitt des Zuführungscanales ist stets grösser zu nehmen, als die Summe der Querschnitte sämmtlicher Zuleitungscanäle für alle Geschosse beträgt. Wenn der Querschnitt zu klein ist, so muss füglich während der

[1]) A. a. O. p. 267.

Heizperiode auch uncontrolirbare Luft auf anderen Wegen als durch die Zuführungscanäle in die beheizten und zu lüftenden Zimmer eintreten. Die zuführenden Canäle müssen mit Regulirungsklappen versehen werden.

Reinigung der Luft. Trotz aller Sorgfalt bei der Wahl der Entnahmestelle für die Frischluft kann diese doch mit Staubtheilen .u. s. w. verunreinigt sein, so dass es gut ist, besondere Einrichtungen zur Reinigung der Luft vorzusehen. Zu dem Zwecke wird man vorerst die Mündungsöffnung nach oben mit einer nach allen Seiten etwas überstehenden Kappe abdecken und die unter der Abdeckung befindlichen, hinreichend grossen Oeffnungen, durch welche die Luft in den Schacht einströmt, mit einem nicht zu feinmaschigen und leicht herauszunehmenden Gitter zu versehen haben. Auf diese Weise wird das Eindringen von Niederschlägen, von Blättern, Insecten verhindert.

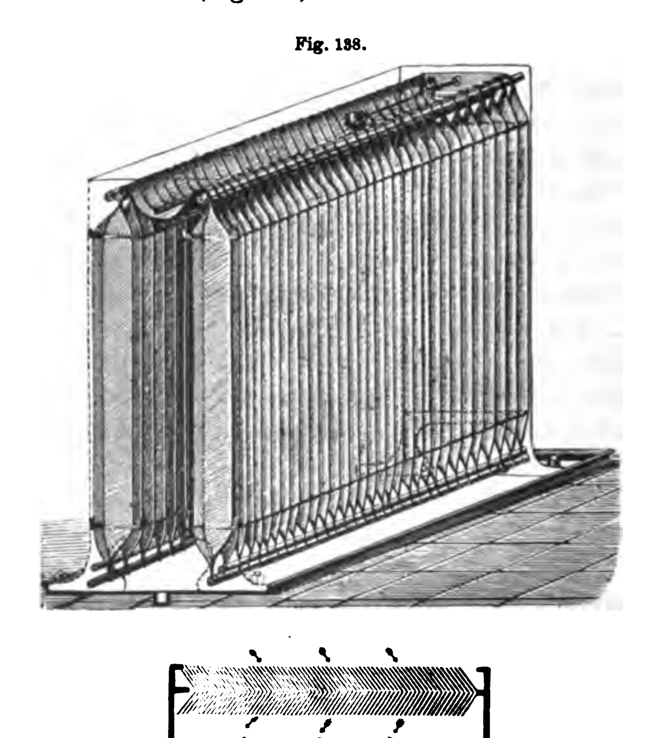
Um die feineren Verunreinigungen der einströmenden Luft abzusondern, kann man entweder das Princip zur Geltung bringen, der einströmenden Luft durch möglichste Beruhigung zum Absetzen der mitgeführten Theilchen Gelegenheit zu geben, oder die Luft durch Filter streichen zu lassen. Ein drittes Princip ist, die Luft vor ihrem Eintritt zu waschen. — Zur Erfüllung der ersten Absicht werden Luftkammern, d. h. grössere Erweiterungen der luftzuführenden Canäle, angelegt. Indem die Luft aus dem Canale in die Kammer eintritt, vermindert sich ihre Geschwindigkeit derart, dass die relativ schwereren Staubtheilchen zu Boden fallen. Freilich werden die leichteren Partikel mit der Luft fortgeführt, und bei heftig und stürmisch bewegter Aussenluft kann es wohl auch kommen, dass es nicht glückt, die Luft zum Absetzen zu bringen, oder dass gar schon in den Kammern abgesetzte Staubtheilchen wieder mit aufgewirbelt und mit fortgerissen in die Zimmer geführt werden.

Hiergegen kann man sich wohl theilweise durch Klappeneinrichtungen und vor Allem auch durch die skrupulöse Reinhaltung der Luftkammern schützen. Dies ist das einzig Richtige, während der Vorschlag, die Luftkammer durch einen Sprühregen feucht zu halten, völlig verfehlt ist, weil man dadurch begreiflicherweise nur rasch der Fäulniss anheimfallende Schmutzniederschläge künstlich schafft. Im Ganzen sind gross genug angelegte und gut gehaltene Luftkammern wohl geeignet, der Reinhaltung der zuzuführenden Luft zu genügen; nur ist Sorge zu tragen, dass die Luftkammern hell und leicht zugängig sind, damit sie rein gehalten werden.

Will man die Luft filtriren, so bedient man sich in geeigneter Anordnung angebrachter feinmaschiger Gazenetze oder der Watte als Filter, an welchen man die Luft vorbei- oder durch welche man sie hindurchstreichen lässt. Die Filterlamellen können trocken oder feucht zur Verwendung kommen.

Grove's Luftfilter (Fig. 138) hat auf kleinem Raume eine überaus

Fig. 138.



Grove's Luftfilter.

grosse Filterfläche (auf 1 qm Querschnitt 35 qm Filterfläche) und äusserst einfache Construction. Indem die Luft durch die mittelst der Filtertücher gebildeten kleinen Canäle, welche mehrfach diagonal zur Luftrichtung angeordnet sind, hindurchstreicht, wird sie gezwungen, die ursprüngliche Bewegungsrichtung fortwährend zu ändern; hierbei treffen die einzelnen Lufttheilchen wiederholt auf

die rauhen benetzten Filterflächen, an denen sie den Schmutz zurücklassen. Der obere Theil des Filters ist eine Wasservertheilungsschale, die entweder durch eine vorhandene Wasserleitung mittelst Schwimmkugelhahnes gespeist oder auch durch einen anderen Behälter auf gleichem Niveau gehalten wird. Die Befeuchtung der Filtertücher wird nicht durch Ueberlaufen des Wassers aus der Schale bewirkt, sondern jedes einzelne Tuch wirkt in Folge seiner Capillarität als Heber und erhält sich von selbst, ähnlich wie ein Docht, befeuchtet, ohne dass ein Herabfliessen des Wassers zu bemerken wäre. Hierdurch erzielt man eine Abkühlung und Anfeuchtung der Luft in ausreichendem Maasse; natürlich kann man auch den Wasserzufluss völlig ausschalten, ohne die Wirkung der Filterflächen wesentlich zu beeinträchtigen. Die Filtertücher sind durch Haken und lose eingelegte Halter festgespannt, so dass eine etwa nothwendig werdende Auswechselung der Tücher leicht bewerkstelligt werden kann. Wie man sieht, hat bei diesem Filter die Luft reichlich Gelegenheit zum freien Durchströmen; so kommt es, dass die Druckverluste gering sind und die Leistungsfähigkeit sich ziemlich constant erhält. — Dies ist bei anderen Filtern, wo die Luft nicht an dem Gewebe vorbeistreicht, sondern durch dessen Maschen hindurchströmen muss, nicht der Fall; daher sind derartige Filter zumeist auch, auf die Dauer wenigstens, in ihrem Effect unzureichend. Nimmt man, um dem Luftstrom nicht zu grosse Widerstände zu setzen, Filter mit grossen Poren, so werden nicht alle Staubtheilchen zurückgehalten, während bei zu kleinen Poren dieselben theilweise ganz verstopft oder in ihrer Weite so verringert werden, dass die Zuführung frischer Luft nach kurzer Zeit in erheblichem Maasse abnimmt und schliesslich ganz aufhört. Es wird daher bei diesen Luftfiltern zur Nothwendigkeit, sie oft zu reinigen bezw. sie durch neue zu ersetzen. Derartige Filter sind also mehr passend, wo zur Luftzuführung noch besondere mechanische Hilfsmittel verwendet werden (s. Ventilation), während für Anlagen, bei denen die Luftbewegung in den Canälen nur durch Temperaturdifferenzen erzeugt wird, die engmaschigen Filter bald versagen und nicht zu empfehlen sind. Die gesammten Oeffnungen des Filters sollen so gross sein wie der Querschnitt des Hauptzuführungscanales, weil sonst die Menge der eindringenden Luft in ihrem Weiterströmen behindert ist; daher dürfen die Filter niemals in den Canälen, sondern nur in den Staubkammern aufgestellt werden. Feuchte Filter haben trockenen gegenüber den Vorzug, dass sie die feinsten Staub-

theilchen besser festhalten; allerdings behindern sie die Luftströmung um ebensoviel mehr.

Als ein drittes Princip ist erwähnt worden, die Luft vor der Einführung in die Zimmer zu waschen. Auch hier giebt es mehrere Methoden der Ausführung; so kann das Waschen durch einen in dem Canal angebrachten Wasserschleier geschehen, d. h. durch einen Sprühregen, dessen Strahlen eine zusammenhängende dünne Fläche bilden; durch diesen wird die Luft hindurchgeschickt und so von allem Staub befreit. Wenn statt kalten Wassers zur Herstellung des Wasserschleiers erwärmtes angewandt wird, so ist der Uebelstand vermieden, dass mit dem Waschen eine erhebliche Abkühlung der eingeführten Frischluft stattfindet.

Eine andere Methode ist die, die einströmende Luft in Röhren unter Wasser zu führen, so dass sie bei ihrem Austritt die Wasserschicht durchdringen muss. Diese sehr interessante und treffliche Vorrichtung besitzt die 99. Gemeindeschule (Steinmetzstrasse 79) in Berlin. Es handelt sich dort nicht einmal um eine Luftheizung, sondern um die Luftzuführung zu einer Wasserheizung, da die Ventilation von der Heizung getrennt ist. Indess leuchtet ein, dass diese Vorrichtung in genau entsprechender Weise für die Luftheizung wird in Anwendung kommen können. Die Luft wird nämlich mittelst eines von einem Gasmotor getriebenen Ventilators in vier Röhren getrieben, welche in zwei mit Heizvorrichtungen versehene, horizontal liegende Wasserkessel münden. Die Röhren sind durch die ganze Länge der Kessel hindurchgeführt und liegen unter dem Wasserniveau und sind, soweit sie sich in den Kesseln befinden, mit feinen Oeffnungen versehen. Die Luft tritt nun, vom Ventilator in die Röhren gestossen, durch das Wasser hindurch in feinen Blasen an die Oberfläche, reinigt sich so von allen Staubtheilchen und nimmt, da das Wasser erwärmt ist, ihrer Temperatur entsprechende Mengen Wasserdampf auf. Sie wird nun weiter in Röhren getrieben, welche an dem oberen Theile der Kessel befestigt sind und nach den Zimmern führen.

Wird die Luft so durch Waschung gereinigt, so ist sie stets mit Feuchtigkeit gesättigt; daher ist es gut, dieselbe vorher zu erwärmen.

Die Calorifere und die Heizkammern sind die wichtigsten Bestandtheile der ganzen Luftheizungsanlage.

Wir können detaillirt auf die verschieden gestalteten und stets dann wieder verbesserten Calorifere der einzelnen Fabrikanten nicht

eingehen und verweisen hier auf die speciellen Handbücher. Es soll zur Erklärung nur ein bekannter Calorifer von Körting erwähnt werden.

Körting's Calorifer (Fig. 139) ist mit Schüttfeuerung eingerichtet. Nach dem Feuerraum A strömt die zur Verbrennung erforderliche Luft von unten her aus dem Kaltluftcanal oder durch die mit Regulirscheibe versehene Thür T_3. Die Feuergase gehen durch das obere

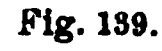
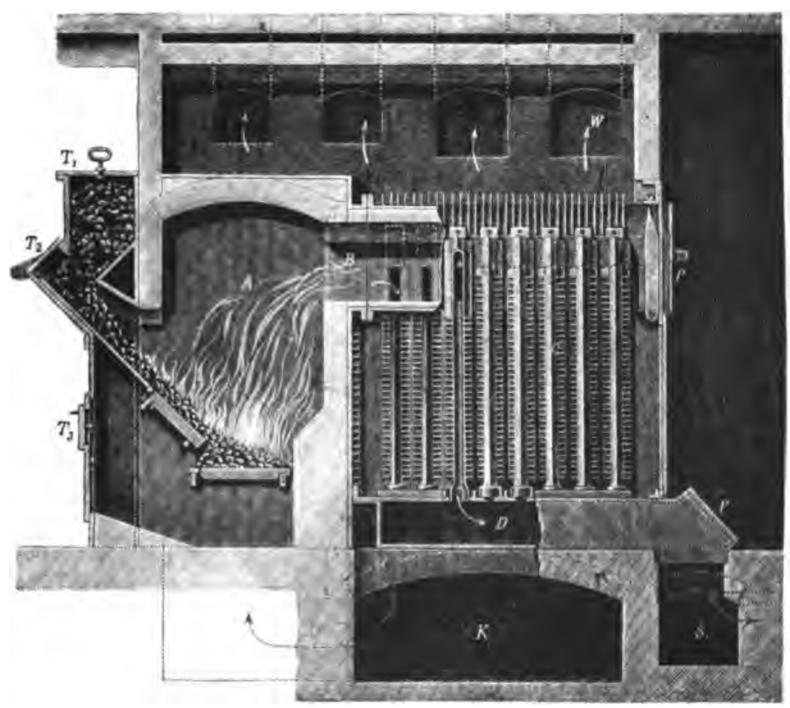


Fig. 139.



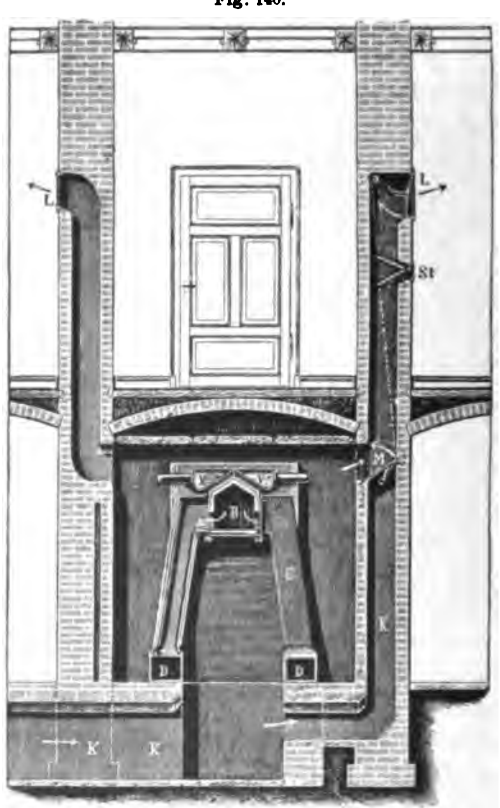
Körting's Calorifer und Heizkammer.

A Feuerraum. T_1, T_2, T_3 Füllöffnungen und Thür mit Regulirscheibe. B Oberes Vertheilungsrohr. C Batterieelemente. D Rauchsammelrohre. S Schornsteinfuchs. P, P Reinigungsthüren. K Kaltluftcanal. W Warmluftcanäle.

Vertheilungsrohr in die rechts und links von diesem schräg abwärts abgehenden sog. Batterieelemente C, um sich in dem Rauchrohre D zu sammeln und von da nach dem Schornstein S zu gehen (s. auch Fig. 140). Die kalte Luft strömt von K empor, zwischen den Batterieelementen, wo sie sich erwärmt, hindurch und geht dann in die Warmluftcanäle W. Die Batterieelemente haben schräg geneigte Rippen, auf denen sich zwar wenig Staub ablagern kann, die aber

wegen ihrer engen Stellung schwer zu reinigen sind. Diese Construction hat den Vortheil, dass sie auf kleinem Raume eine grosse Heizfläche besitzt; sie braucht nicht übermässig geheizt zu werden, um eine relativ grosse Menge Luft auf mässig hohe Temperatur zu erwärmen. Auf dem Querschnitt durch Körting's Heizkammer (Fig. 140) sehen wir gleichzeitig die Vorrichtungen zur Befeuchtung

Fig. 140.



Querschnitt durch Körting's Heizkammer.

B Vertheilungsrohr. C Batterieelement. D Rauchsammelrohr. K, K Kaltluftcanäle. M Mischklappe. L Jalousieklappen. St Stellvorrichtung für die Klappen L und M. V, V Verdunstungsschalen.

und Mischung der Luft, sowie zur Fortleitung der letzteren nach den zu beheizenden Räumen.

Erwähnenswerth sind beispielsweise weiterhin die von Kelling in Dresden construirten Anlagen, welche u. a. in der Charlottenschule in Berlin eingeführt sind; hier ist die vollständige Zugängigkeit der horizontal liegenden Heizröhren in der Heizkammer lobens-

werth; ferner gestattet ihre glatte Oberfläche leicht die Abstäubung, während die Verschlüsse mittelst Sand ein Ausströmen von Heizgasen ausschliessen; auch ist die Reinigung der Heizrohre ausserhalb der Heizkammern ermöglicht.

Im Allgemeinen sind an die Calorifere folgende Forderungen zu stellen:

1. Sie müssen ausreichend gross sein, um die erforderliche Luftmenge auf die gewünschte Temperatur bringen zu können.

2. Jedes Erglühen der Flächen, an welchen die Luft entlang streicht, ist zu vermeiden, weil dasselbe ein Versengen des mit der Luft eingeführten, sowie des auf den Caloriferen lagernden Staubes zur Folge hat und dadurch die erwärmte Luft mit Producten der Verbrennung oder der trockenen Destillation erfüllt wird.

3. Die Calorifere müssen vollkommen dicht sein, damit die Feuergase sich nicht der zu erwärmenden Luft beimischen.

4. Da die Calorifere in Folge der ungleichen Erwärmung eine verschiedene Ausdehnung erfahren, so müssen sie in ihren Theilen innerhalb bestimmter Grenzen beweglich sein, damit bei ihrer Volumenveränderung keine Beschädigungen entstehen.

5. Sie müssen die Heizgase thunlichst ausnutzen. Dies ist nur möglich, wenn die Temperatur derselben keine allzu hohe ist, weil sonst die Gase zu warm in den Schornstein strömen und somit ein grosser Theil der Wärme verloren geht. Ferner muss auch der von den Heizgasen zu durchströmende Weg lang genug sein, damit sie Gelegenheit finden, ihre Wärme den umgebenden Medien mitzutheilen.

6. Da Russ und Flugasche mit in die Calorifere dringen, so müssen sich letztere bequem reinigen lassen, ohne dass ein Betreten der Heizkammern nöthig ist.

7. Wagerechte Flächen sind an den Caloriferen möglichst zu vermeiden, weil sich auf ihnen leicht Staub ablagert.

8. Zur Reinigung der Calorifere auch an ihren äusseren Flächen muss die Heizkammer bequem begehbar sein.

Die Luft ist an den verschiedenen Stellen der Heizkammer ungleich erwärmt, weshalb die Mündungen der Canäle, welche die Luft nach den Zimmern führen, sich dort befinden müssen, wo die Luft am wärmsten ist. Auch lässt sich, wie Käuffer dies thut, durch Extraüberdeckungen der Calorifere der Abfluss der Luft nach oben so regeln, dass derselbe nur dort erfolgt, wo die wärmste Luft sich ansammelt, oder es sind die Calorifere auf Zwanglauf der zu er-

wärmenden Luft gebaut, d. h. die letztere muss einen bestimmten Weg zurücklegen, so dass sie nicht ungewärmt nach oben strömen kann.

Damit die Luft in der Heizkammer nicht verunreinigt werde, muss diese dicht, glatt und so hergestellt werden, dass sie sich leicht reinigen lässt. Jede Einzelheit dieser Forderungen ist wichtig. Da die Heizkammer eine starke Saugwirkung auf die Umgebung ausübt, so ist begreiflich, dass bei nicht völlig dichten Wänden Grundluft oder unreine Luft aus benachbarten Räumen einströmen muss. Früher wurden die Mauern der Kammern als gewöhnliches Mauerwerk ausgeführt, entweder verputzt oder unverputzt und mit unverstrichenen Fugen. Wenn aber in Folge der fortwährenden bedeutenden Schwankungen der Temperatur die Wände ausgedehnt werden und sich wieder zusammenziehen, so bröckeln fortwährend Theilchen des Mörtels und der Steine ab und verunreinigen die Luft. Am zweckmässigsten ist die Herstellung der Wände aus gut gebrannten Klinkern mit engen Fugen oder aus Kacheln u. s. w. Dies Material gestattet auch ein Abwaschen der Wandungen. Zum Zwecke der Reinigung sollen die Heizkammern möglichst hell sein; ferner dürfen sie nicht zu niedrig und die Einsteigthüren nicht zu klein sein. Nothwendig ist es, dass diese Reinigung in bestimmten, nicht zu lang bemessenen Zeiträumen sorgfältig ausgeführt wird.

Befeuchtung der Luft. Da die von aussen zugeführte frische Luft, falls sie erwärmt wird, einen zu geringen relativen Feuchtigkeitsgehalt hat, so muss ihr bei oder nach der Erwärmung Feuchtigkeit zugeführt werden. Dies kann anscheinend am einfachsten so geschehen, dass Gefässe mit Wasser in den Heizkammern aufgestellt werden, und in der Regel hat man diese Verdunstungsgefässe mit den Heizapparaten in Verbindung gebracht (s. Calorifere Fig. 137 u. 140). Bei dieser Einrichtung wird die erwärmte Luft zwar befeuchtet, indess nur in Abhängigkeit von der geringeren oder höheren Temperatur des Heizapparates, nicht aber von der Feuchtigkeit der äusseren Luft, von der Temperatur der Klassenräume und des für dieselben geforderten Feuchtigkeitsgehaltes der Luft (Rietschel)[1]. Es bedarf hierzu noch gewisser Regulirungsvorrichtungen, mittelst welcher je nach Bedarf ein grösserer oder geringerer Theil der Wasseroberfläche für die Verdunstung freigegeben wird.

Die Apparate zur Luftbefeuchtung müssen eine derartige Leistungsfähigkeit aufweisen, dass sie selbst bei niedrigster Aussen-

[1]) A. a. O. p. 57.

temperatur die Zimmerluft noch mit einem Feuchtigkeitsgehalt bis 60 % absoluter Sättigung versehen können (s. über die Feuchtigkeit der Luft p. 323 ff.).

Mischung und Vertheilung der Luft. Durch besondere Canäle wird die erwärmte Luft von der Heizkammer aus den zu beheizenden Räumen zugeführt. Was die inneren Flächen dieser Warmluftcanäle anbelangt, so gelten für dieselben die gleichen Anforderungen, wie sie für die Ausmauerung des luftzuführenden Kaltluftcanales, der Luftkammer und der Heizkammer aufgestellt sind; sie sollen vollkommen dicht und möglichst glattflächig sein, letzteres aus dem Grunde, um das Ansetzen von Staub zu vermeiden. Vielleicht sind statt der üblichen Methoden der Herstellung die Canäle durch Aussparen im Mauerwerk anzulegen. Für die Herstellung dieser und aller anderen luftführenden Canäle sind glasirte Thonrohre und emaillirte Gusseisenrohre am meisten zu empfehlen, nur darf im Querschnitt hier nicht zu gering gegriffen werden. Die Warmluftcanäle dürfen übrigens nur in den Corridor- und Zwischenwänden des Hauses, niemals in den Aussenwänden angelegt werden, weil hier durch die Schwankungen der Aussentemperatur, durch heftigen Wind u. s. w. Störungen der Luftbewegung eintreten können.

Bei der Zuleitung warmer Luft durch Canäle muss die wagerechte Führung derselben nach Möglichkeit vermieden werden, weil sonst die Auftriebskraft beeinträchtigt wird. Liegt der Verbrauchsort aber doch in wagerechter Richtung von der Heizkammer entfernt, so wird der Canal am besten an der Kellerdecke entlang geführt, bis er senkrecht aufsteigen kann (Schmidt)[1]); indess soll diese wagerechte Führung 10 m nicht übersteigen, wenn die Bewegung allein durch Temperaturdifferenzen bewirkt wird. Ein Anderes ist es, wenn der Auftrieb durch Maschinen verstärkt wird; hier wird der Auftrieb eben künstlich hergestellt und die natürliche Luftbewegung gleichsam umgangen.

Zweckmässig ist es, dass die erwärmte Luft, ehe sie in die senkrechten Canäle geführt wird, noch in besondere Kammern eintritt, um hier nach Bedarf mit kalter Luft gemischt zu werden. Auf diese Weise wird eine constantere Temperatur der einzuführenden Luft erzielt, als wenn die Mischung in den Canälen selbst vorgenommen wird. Ergiebt sich die Nothwendigkeit, den einzelnen Zimmern ungleich temperirte Luft zuzuführen, weil der Wärmebedarf

---

[1]) A. a. O. p. 277.

der einzelnen Räume je nach Sonnenbestrahlung oder Windrichtung sich ändert, so kann dieser Anforderung durch verschiedene Regulirungsvorrichtungen entsprochen werden. Zumeist werden die Luftzuführungscanäle nicht nur mit der Heizkammer, sondern auch mit dem Kaltluftcanal in Verbindung gesetzt (Fig. 140). Rietschel schlägt vor, parallel mit dem für die Klassenräume bestimmten Vertheilungscanal für warme Luft einen Vertheilungscanal für kalte Luft anzuordnen und mit den senkrechten Zuluftcanälen regelbar zu verbinden. In allen Fällen sind in den einzelnen Canälen Stellvorrichtungen erforderlich, um jede beliebige Mischung der Luft herbeizuführen. Alle diese Klappen, Schieber u. s. w. werden am besten vom Kellergeschoss aus, also vom Heizer, regulirt und sind so einzurichten, dass einzelne Räume, die nicht benutzt werden, vollständig von der Zuführung erwärmter Luft abgeschlossen werden können.

Der Querschnitt der Canäle ist abhängig von der Luftmenge, welche dem einzelnen Klassenzimmer zugeführt werden muss, und von der Geschwindigkeit, mit welcher die Luft erlaubtermassen einzuströmen hat. Nichts ist verderblicher als Fehler in der Berechnung der Proportionen der Canäle; denn es leuchtet doch sofort ein, dass bei zu eng angelegten Luftcanälen eine Ueberhitzung der Luft nothwendig wird, wenn genügende Wärmemengen den Zimmern zugeführt werden sollen. Wir werden sehen, dass hier gerade die grössten Schwierigkeiten der Luftheizung liegen.

Die Menge der durch den Canal geförderten Luft Q berechnet sich nach Wolpert mittelst folgender Formel:

$$F \,.\, V = Q,$$

wobei F die Fläche (Querschnitt) des Canales und V die Geschwindigkeit der Luft pro Secunde bedeutet.

Für die Geschwindigkeit der Luft in den Canälen gelten die Wolpert'schen Formeln, deren Entwickelung hier nicht gegeben werden kann und in dem Werke von Wolpert: „Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung" zu finden ist. Die Formeln für die ungefähre wirkliche Geschwindigkeit V lauten

$$V = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2gh(T-t)}{273+t}}$$ m pro Secunde, wenn warme Luft in kältere Luft fliesst, und

$$V = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2gh(T-t)}{273+T}}$$ m pro Secunde, wenn kalte Luft in warme fliesst, wobei bedeutet:

$g = 9{,}81$ m = Acceleration der Schwere,
h = die senkrechte Höhe der Rohrmündung über dem Roste in Metern,
T = die Temperatur der wärmeren Luft,
t = die Temperatur der kälteren Luft.

Von diesen beiden Formeln kommt bei Luftheizungen die erste in Anwendung, um die Geschwindigkeit der Luft in senkrechten Canälen zu ermitteln, wenn die warme Heizluft in kühlere Zimmer strömt; durch die zweite ermitteln wir die Geschwindigkeit in dem Canale, welcher die kalte Aussenluft in die Heizkammer führt.

Durch die Multiplication der Wurzelgrösse mit $^1/_2$ sucht man in beiden Formeln den Widerständen, welche sich der Luft auf ihrem Wege entgegenstellen und welche die theoretisch ermittelte Geschwindigkeit etwa auf die Hälfte herabsetzen, Rechnung zu tragen. Diese Formeln können daher auf grosse Genauigkeit keinen Anspruch machen.

Wo es auf genaue Ermittelung der wahren Geschwindigkeit ankommt, da sind auch diese Widerstände im Einzelnen zu berücksichtigen. Der Widerstand, welchen die Luft in den Canälen erfährt, ist direct proportional der Länge der Leitung, dem Quadrate der Geschwindigkeit und dem Umfange des lichten Canalquerschnittes, aber umgekehrt proportional der Fläche desselben. Demgemäss modificirt sich die Wolpert'sche Formel in folgender Weise:

$$V = \sqrt{\frac{2\,g\,h\,(T - t)}{273 + t}} : \sqrt{1 + \frac{K \,.\, L \,.\, U}{F}} \text{ m pro Secunde.}$$

Hier bedeutet:

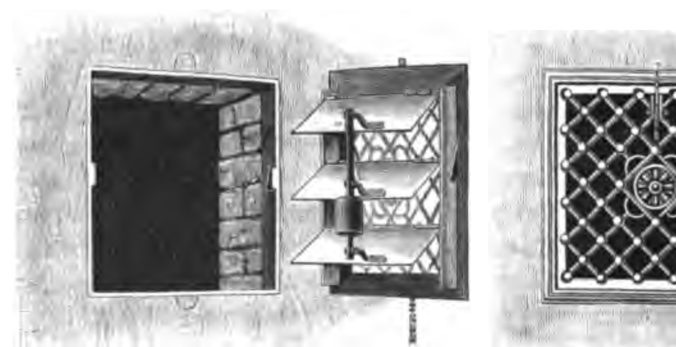
$K = 0{,}006$ (der durch Versuche ermittelte Reibungscoefficient),
L = die Länge des Weges der Luft (ganz gleich, ob senkrecht, wagerecht oder schräge),
U = Umfang des lichten Canalquerschnittes,
F = Querschnitt desselben.

Diesen Formeln gemäss ergiebt sich, dass die erwärmte Luft aus der Heizkammer nach den höheren Etagen mit grösserer Geschwindigkeit strömt als nach den unteren. Es müssen in Folge dessen, falls das gleiche Luftquantum nach jeder Etage gefördert werden soll, die Canalquerschnitte derart modificirt werden, dass dieselben da am grössten sind, wo die Luftgeschwindigkeit am geringsten ist, also in den unteren Stockwerken, und umgekehrt.

Will man Canäle von gleichem Querschnitt verwenden, so hat man die Einströmungsöffnungen für die Heissluft bei den nach den unteren Stockwerken gehenden Canälen in der Heizkammer etwas höher zu legen als die Oeffnungen für die anderen Canäle, damit in erstere die wärmste Luft einströmt, um so durch die stärkere Auftriebskraft den Widerstand, der in der geringeren Höhe der Canäle liegt, zu überwinden; den gleichen Effect kann man auch durch Mischklappen erreichen.

Bei den obigen Formeln ist schon darauf hingewiesen, dass der Reibungswiderstand direct proportional ist dem Umfange des lichten Canalquerschnittes und indirect proportional dem Querschnitt desselben. Je grösser darum das Verhältniss des Querschnittumfanges

Fig. 141.



Grove's Jalousie-Klappen und -Gitter.

zur Querschnittfläche ist, um so grösser ist der Widerstand. Am geringsten ist dies Verhältniss bei dem Kreise, weshalb es am geeignetsten ist, die Luftcanäle kreisrund zu gestalten (Ahrendts).

Für die Schule speciell ist ferner noch das Eine ins Auge zu fassen, dass die Schallleitungen durch die Canäle von einem Raume zum anderen bei centralen Heizanlagen verhindert werden müssen.

Die Einströmungsöffnungen, durch welche die warme Luft in das Zimmer tritt, müssen wenigstens den gleichen Querschnitt wie die Warmluftcanäle haben, damit die Luft ohne Hinderniss in die Räume strömen kann. Am besten wäre es, wenn die Einströmungsöffnung völlig offen bliebe. Man giebt ihr aber doch einen Abschluss durch Gitter, Drahtgeflechte, perforirte Bleche u. s. w., um das Hineinwerfen von Unreinlichkeiten zu verhüten. Falls derartige Abschlussvorrichtungen angebracht werden, darf der Quer-

schnitt der freibleibenden Oeffnungen nicht geringer sein als der Querschnitt des zugehörigen Canals.

Die Abschlussvorrichtungen beeinträchtigen die Leichtigkeit der Reinigung der Canäle und Oeffnungen. Grove und wohl auch die meisten anderen Techniker haben jetzt deshalb Klappen und Gitter derart construirt, dass dieselben leicht eingesetzt und ausgehoben werden können (s. Fig. 141). Die Kanten der Einströmungsöffnungen sind abzurunden, um der Luft möglichst wenig Hindernisse zu bieten.

In der Mehrzahl der Berliner Schulen, welche mit Luftheizung versehen sind, befindet sich die Oeffnung, durch welche die warme Luft in die Zimmer strömt, in einer der senkrechten Wände des Zimmers, etwa 2 m vom Fussboden.

Grössere Räume erhalten zwei und noch mehr Einströmungsöffnungen.

Die Abluftcanäle und ihre Oeffnungen. Die Einführung warmer Luft setzt gleichzeitig Ableitung von Luft aus den Klassenräumen und deshalb Luftabführungscanäle voraus. Was über die Warmluftcanäle und die Einströmungsöffnungen gesagt ist, das findet sinngemässe Anwendung auch auf die luftabführenden Canäle und Oeffnungen; im Uebrigen werden wir auf die geeignete Anlage derselben in Zimmern noch bei der Ventilation besonders zurückkommen.

Gegen die Feuerluftheizung sind so mannigfache Vorwürfe erhoben, dass es nothwendig ist, auf diese noch besonders einzugehen. Denken wir uns, wie schon erwähnt, einen grossen Wolpert'schen Ofen in dem Keller eines Schulhauses stehend und die Vorkehrungen getroffen, dass die von ihm erhitzte Luft in eine Reihe von Schulzimmern geführt wird, so würden wir die Anlage eine Centralluftheizung nennen. So giebt es also durchaus keinen principiellen Unterschied zwischen den früher beschriebenen Localheizungen und den centralen Luftheizungen, und es ist schier unbegreiflich, wie man der Luftheizung gewisse Vorwürfe zu machen bereit ist und immer wieder macht, welche doch dieselbe eben so wenig und eben so viel treffen können wie jede andere beliebige Heizung. Nach physikalischen Gesetzen wird die Luft in dem Maasse trockener, als sie wärmer wird, vorausgesetzt, dass ihr nicht neue Wassermengen zugeführt werden, weil eben ihr Sättigungspunkt höher liegt. Der Vorwurf einer grösseren Trockenheit der Luft muss also jede erwärmte Luft treffen, welcher keine Gelegenheit geboten ist, Wasserdampf aufzunehmen; er trifft, wie dies schon besprochen ist, ganz besonders die

von stark erhitzten eisernen Oefen erwärmte Luft, und die Unbrauchbarkeit der einfachen eisernen Oefen ist ja gerade von diesem Gesichtspunkte aus nachgewiesen worden. Wird also die Luft eines mit Centralluftheizung erwärmten Raumes zu trocken befunden, so sind die Ursachen nur in der Mangelhaftigkeit der Ausführung und nicht in der des Princips zu suchen; denn letzteres ist für alle Heizungsvorrichtungen dasselbe.

Die Mängel der Ausführung können ihre Grundlage haben in der Construction des Ofens. So lange derselbe aus verhältnissmässig dünnen Eisenplatten gebaut wurde, welche leicht glühend wurden, vielleicht gar noch undicht an einander gefügt waren, war es ganz natürlich, dass die Luft einen brenzlichen, unangenehmen Geruch (Folge von Verbrennung organischer Beimischungen) annahm, ja dass Verbrennungsproducte (Kohlenoxyd, Rauch) in die Zimmer drangen, dass ferner die Luft zu trocken wurde und von allen Körpern, welche ihr dasselbe darboten, rapide Wasser ansog. Die Technik hat alle diese Schwierigkeiten durch Construction von Caloriferen aus Chamotte mit Eisenplatten überwunden. In diesen Heizapparaten wird die Luft langsamer, nicht an glühenden Körpern erwärmt und bleibt frei von schädlichen Beimischungen. Apparate zur Befeuchtung der Luft, in der Nähe der Heizkammern oder in denselben angebracht, geben der Luft die Möglichkeit, sich rasch mit Wasser zu sättigen und berauben sie ihrer relativen Trockenheit.

Weitere Mängel der Ausführung können in der geringen Grösse und Weite der Heizkammern, der vom Ofen abführenden Canäle und der Einströmungsöffnungen liegen. Man wird dadurch gezwungen, wenn anders die Zimmer mit der gehörigen Wärmequantität beschickt werden sollen, die Luft überaus hoch zu erhitzen und sie zu hoch temperirt in die Zimmer treten zu lassen. Daraus ergiebt sich allerdings der grosse Uebelstand, dass in den Zimmern sehr ungleichmässige Lufttemperaturen zu Stande kommen; denn bei der raschen Abkühlung der Luft an Wänden, Thüren und Fenstern bleibt der Fussboden unverhältnissmässig kalt gegenüber den oberen und ganz besonders gegenüber den in der Nähe der Einströmungsöffnungen befindlichen Luftschichten. Auch das Anbringen dieser Oeffnungen am Fussboden könnte diesen Uebelstand nicht beseitigen, da die erhitzte Luft selbst bei Klappenvorrichtungen, welche die Richtung des Luftstromes ändern sollen, unter allen Umständen fast senkrecht in die Höhe steigen wird, nachdem sie noch dazu vom Boden des Zimmers erhebliche Staubmengen mitgerissen hat. Die

Schwierigkeit, die nothwendige Weite der Canäle zu bemessen, mag allerdings erheblich sein und wird es noch mehr, wenn Ventilationsvorrichtungen einen raschen Luftwechsel in den zu heizenden Räumen bedingen; indess ist die Technik dieser Aufgabe gewachsen. Wie gross übrigens die Temperaturdifferenzen innerhalb des Zimmers bei Luftheizungen werden können, fand Rietschel bei seinen Messungen in Berliner Schulen. Es ergab sich zwischen Fussboden und Decke ein Unterschied von 22,5° C.; allerdings war die Wärme der eintretenden Luft absichtlich bis auf 80° C. gesteigert. Da die Temperaturdifferenzen zwischen Fussboden und Decke um so grösser werden, je wärmer die Luft in die Zimmer strömt, so ergiebt sich daraus, dass die eintretende Luft nicht über eine bestimmte Grenze hinaus erwärmt werden darf. Rietschel schlägt vor, dass die während des Unterrichts einströmende Luft nicht über 30° C. erwärmt sein soll. Vor Beginn des Unterrichts kann die Wärme allenfalls bis auf 50° C. gesteigert werden. — Ueberhitzung der Luft mit den daraus sich ergebenden Nachtheilen kann auch durch Mangelhaftigkeit des Betriebes entstehen, wenn z. B. die Heizer die Erwärmung der Klassenräume in möglichst kurzer Zeit erzeugen wollen und daher die Heizapparate über Gebühr erhitzen. Gegen derartige Nachlässigkeiten kann man sich wenigstens durch Controle dadurch schützen, dass in der Heizkammer ein dem Heizer unzugängliches Maximalthermometer angebracht wird, das jedes Ueberschreiten der festgesetzten Maximalgrenze nachweist.

Mangelhafte Reinlichkeit in den luftführenden Kammern und Canälen kann die zu beheizenden Räume mit Staub, Kalktheilchen u. s. w. erfüllen; auch dies ist leicht zu beseitigen, wenn die Kammern richtig construirt, sorgfältig sauber gehalten und ferner Vorkehrungen zur Reinigung der Luft getroffen werden. Bei Erfüllung der in dieser Beziehung oben angegebenen Forderungen werden Mängel in der Reinheit der einzuführenden Luft nicht hervortreten.

Als ein weiterer Uebelstand der Luftheizung wird angegeben, dass bei ihr mild strahlende Heizkörper im Zimmer fehlen, dass man also auf die angenehme, durch Strahlung hervorgerufene Erwärmung verzichten muss, und dass ferner trotz genügend hoher Lufttemperatur im Zimmer eine behagliche Wärme nicht vorhanden ist. Erstere Klage ist zwar berechtigt, aber in hygienischer Hinsicht ohne Bedeutung. Man kann sich auch bei der Luftheizung solche wärme-

---

[1]) A. a. O. p. 18.

strahlenden Flächen verschaffen, wenn man nach dem Vorschlage Käuffer's die warme Luft hinter einem flach an der Wand stehenden Blechmantel austreten lässt, welcher dadurch erwärmt wird und als mild strahlender Heizkörper wirkt. Was die zweite Klage anbelangt, so liegt die Ursache in dem Heizbetriebe. Ist zu spät angeheizt worden, so dass zwar die Zimmerluft auf die erforderliche Temperatur gebracht ist, die Wände aber noch nicht ausreichend durchwärmt sind, so muss, bevor genügende Ausgleichung vorhanden ist, Wärmeausstrahlung vom Körper der Zimmerinsassen nach den kühleren Wänden erfolgen. Es erscheint der Aufenthalt im Raume ungemüthlich.

Indem bei der Feuerluftheizung die zugeführte Luft von aussen her genommen und in die Zimmer geleitet wird, dient diese Anlage gleichzeitig Heizungs- und Lüftungszwecken. Dies ist ein Nachtheil und ein Vortheil. Wir werden auf die Beziehungen zwischen Heizung und Lüftung noch eingehend bei dem Capitel Lüftung zurückkommen und haben hier nur Folgendes zu erwähnen: Heizung und Lüftung, die hier zwangsweise mit einander verbunden sind, erstreben ganz verschiedene Zwecke. Erstere hat als Aufgabe, den fehlenden Wärmebedarf des Zimmers zu decken, und kann daher zu gewissen Zeiten ganz ausgeschaltet werden; ihr stärkster Betrieb ist in der Periode des Anheizens, also vor Beginn des Unterrichts, nothwendig, während im Laufe des Vormittags ein Nachlassen desselben erfolgen kann. Die Lüftung dagegen ist nur dann erforderlich, wenn das Zimmer besetzt ist; sie muss mit der Dauer des Unterrichts eher gesteigert werden, als dass sie herabgesetzt werden kann. Um diese verschiedenen Ansprüche, welche Heizung und Lüftung stellen, zu erfüllen, müssen in der Anlage derartige Einrichtungen getroffen werden, dass die Heizung wie auch die Lüftung, bis zu einem gewissen Grade wenigstens, gesondert von einander in Wirksamkeit sein können. Dies wird in der That auch bei den neueren Luftheizungssystemen durch die Regulirungsvorkehrungen erreicht, die das Eintreten von heisser oder von kalter Luft oder von einer beliebigen Mischung heisser und kalter Luft in das Zimmer gestatten. — Man hat es ferner damit versucht, die Luftheizung nicht allein als Ventilationsheizung, d. h. mit Zuführung der Luft nach den Caloriferen von aussen her, sondern auch als Circulationsheizung einzurichten, bei welcher die warme Luft des Zimmers wieder nach den Caloriferen zu neuer Erwärmung geführt wird. Durch derartige Regulirungsvorrichtungen ist es z. B. mög-

lich, während der Anheizperiode die Anlage nur für Heizzwecke dienen zu lassen, weil eine Lüftung der Zimmer nicht nothwendig ist; in Folge der Circulation wird in dieser Zeit keine warme Luft, also auch keine Wärme, abgeführt. Derartige Vorrichtungen sind hygienisch recht bedenklich, weil sie leicht missbraucht werden können, und sie können nur unter dem Vorbehalt sorglicher Ueberwachung zugegeben werden. Besser ist es sicher, auf derartige ökonomische Rücksichten völlig zu verzichten. Der Vortheil der engen Verbindung zwischen Heizung und Lüftung besteht gerade darin, dass gleichzeitig mit der Erwärmung grosse Quantitäten reiner Luft dem Zimmer zugeführt werden. Wollte der Heizer zur Verminderung seiner Arbeit nur geringe Mengen Luft dem Zimmer zuführen, so würde er damit, sofern er nicht etwa in völlig fehlerhafter Weise die Luft allzusehr überhitzt, auch sogleich die Wärmezufuhr beschränken; Beides kann controlirt werden, würde aber auch von Lehrern und Schülern bald wahrgenommen werden.

Alles zusammengenommen steht die Technik also durchaus keinen unüberwindlichen Schwierigkeiten gegenüber, und bei der notorischen Billigkeit der Luftheizungen sowohl bezüglich ihrer Anlage als auch der Ausnutzung der in den Brennmaterialien enthaltenen Wärme (Schinz) gegenüber den anderen Centralheizsystemen wird man sicher gut thun, denselben für die Schule ihre Anwendung nicht zu versagen. Die Klagen, welche immer wieder laut werden, müssen bei der jetzt erreichten Vollkommenheit der Construction verschwinden, wenn anders keine Fehler in der Bedienung der Calorifere gemacht werden. Allerdings muss nach Rietschel dann von der Luftheizung Abstand genommen werden, wenn der Wärmebedarf des Zimmers ein überaus grosser ist; denn da die Temperatur der während des Unterrichts einströmenden Luft höchstens 30° C. betragen soll, so vermag sie die Zimmertemperatur auf normaler Höhe nicht zu erhalten bei freistehenden Gebäuden, die dem Winde ausgesetzt sind, ferner in Gegenden, wo heftige Winde, wenn auch nur zeitweise, vorherrschen, ebenso auch in Eckräumen mit bedeutenden Abkühlungsflächen. Derartige Räume erfordern zu ihrer Erwärmung mehr Luftdurchfluss als ein Mittelzimmer mit weniger Wärmebedürfniss. Will man den Zimmern unter solchen Umständen eine genügende Wärmemenge zuführen, so ist zumeist ein 5—6facher Luftwechsel nothwendig, bei dem sich aber oft unangenehme Zugerscheinungen bemerkbar machen. Da die erhöhte Luftzufuhr auf Kosten des vermehrten Aufwandes an Brennstoff zur Erwärmung geschieht,

eine solche Heizung also unökonomisch und zum Theil auch unhygienisch wäre, so wird man in diesen Fällen ein anderes Heizsystem anwenden.

Die Vorzüge der Feuerluftheizung sind: Geringe Anlagekosten; mässiger Verbrauch an Brennmaterial unter Voraussetzung einer normalen Anlage und voller Fachkenntniss und Aufmerksamkeit; leichte Regulirung und einfache Bedienung; schnelles Anheizen; Platzersparniss im Schulzimmer, da keine Heizkörper aufgestellt werden; gute Lufterneuerung.

Warmwasserheizung.

Die Warmwasserheizung besteht im Princip in der von einem Heizapparat ausgehenden Erwärmung einer in einem Röhrensysteme befindlichen Wassermasse. Die Temperaturdifferenzen zwischen den jeweilig neu erwärmten und den durch ihre Wärmeabgabe abgekühlten Wassermengen bedingen eine stete Circulation des Wassers innerhalb des Röhrensystems. — Man unterscheidet zwei Systeme der Warmwasserheizung:

1. Warmwasserheizung mit Niederdruck: Erwärmung des Wassers bis höchstens 100° C.
2. Warmwasserheizung mit Mitteldruck: Erwärmung des Wassers über 100 bis höchstens 140° C.

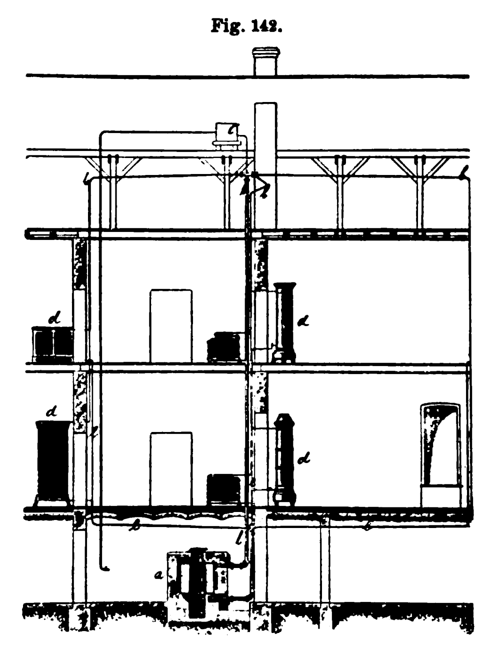
a) Warmwasserheizung mit Niederdruck.

Im Einzelnen besteht dies System (Fig. 142) 1. aus einem Kessel a, 2. dem davon ausgehenden Vertheilungsrohre b, welches das Wasser nach den Stellen hinführt, wo es Wärme abgeben soll, 3. dem an der höchsten Stelle des Systems angebrachten Expansionsgefäss c, welches das in Folge der Ausdehnung aus dem Hauptrohr ausfliessende Wasser aufnimmt, 4. den eigentlichen Heizkörpern d, von welchen aus die Wärmeabgabe erfolgt, und 5. aus den Rückflussröhren e. Im Ganzen hat man es also mit einem System communicirender Röhren zu thun, in welchen die im Heizkessel erwärmte Wassermenge aufsteigt, sich vertheilt und nach stattgehabter Wärmeabgabe vermittelst ihrer specifischen Schwere nach abwärts sinkt, um den Kreislauf von Neuem zu beginnen. Die ganze Anlage, sowohl Heizkessel wie auch die Rohrleitungen und die Heizkörper, ist mit Wasser völlig gefüllt.

Kessel. Der Kessel befindet sich an der tiefsten Stelle des

Systems, also im Keller, und wird nach Art und Benutzungsdauer des zu beheizenden Gebäudes für unterbrochenen oder für dauernden Betrieb eingerichtet. In letzterem Falle erfolgt das Durchheizen der Räume während Tag und Nacht unter sorgsamer Feuerregulirung entweder durch die Hand des Heizers oder besser durch selbstthätige Regulirung mittelst Feuerungsregulatoren. Im Allgemeinen wird jetzt bei dem Kessel für Warmwasser-Niederdruckheizungen die Forderung erhoben, dass es ein Dauerbrenner sei mit Selbstregulirung

Fig. 142.



Warmwasserheizung mit Niederdruck nach Rietschel & Henneberg.

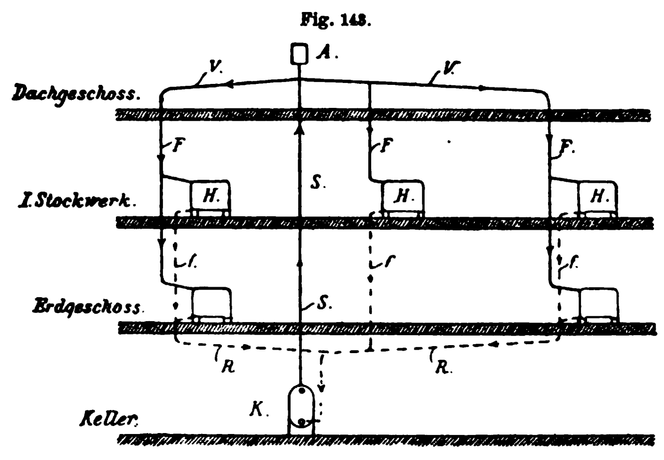
des Feuers je nach Wärmebedürfniss. Es ist also darauf zu denken, den Kessel mit einem grossen Füllmagazin auszustatten, das für 6—8 Stunden Brennzeit Brennstoff aufnehmen kann. Dieser grosse Stoss an Brennmaterial soll allmählich ohne Zuthun einer aufmerksamen Bedienung seitens des Heizers der Abnahme an Wärme entsprechend verbrennen. Dies zu erreichen, erfordert eine automatische Regelung des Feuers mit Hilfe eines Apparates, der die Verbrennungsluft zum Feuer abschliesst, wenn keine Wärme in den Schulräumen benöthigt wird, und welcher Verbrennungsluft zum Feuer zufliessen lässt, also das Feuer anfacht, wenn man Wärmewirkung nöthig hat.

Bei einer solchen Füllfeuerung mit automatischer Regulirung, welche die Bedienung von der Hand des Heizers aufs geringste Maass beschränkt, ist es von Wichtigkeit, einen möglichst gasarmen Brennstoff zu benutzen, also Coaks oder Anthracit, der in bedeutender Schichthöhe aufgethürmt werden kann.

Viel zu wenig hat sich in grossen Städten die Coaksfeuerung eingebürgert, und doch erscheint gerade diese berufen, die Rauchbelästigungsfrage zu lösen; denn bei Coaksfeuerung erreicht man unbedingt einen rauchlosen Schornstein. In hygienischer Hinsicht ist daher stets dem Coaks oder Anthracit vor jedem anderen Brennstoff der Vorzug zu geben.

Die Erbauer von Centralheizungen erstreben daher in erster

Fig. 148.



Vertheilung der Zuleitungsröhren vom Dachboden.

Linie einen vollkommenen Coaksbrenner; in neuester Zeit ist ein solcher von der Firma Rud. Otto Meyer in Hamburg construirt, der als freistehender Warmwasser- oder Niederdruckdampfkessel zur Verwendung kommen kann.

Von dem höchsten Punkte des Kessels geht die Vertheilungsleitung ab. An dieser Stelle wird durch ein Thermometer die Temperatur des in dem System circulirenden Wassers gemessen, welches je nach der Aussentemperatur auf eine höhere oder niedrigere, im Maximum jedoch 95° C. nicht übersteigende Temperatur erwärmt wird. Die Höchsttemperatur ist jedoch nur bei strengster Kälte oder bei raschem Anheizen erforderlich; bei gelinder Witterung genügt schon eine geringere Wasserwärme (bis zu 40° C. herab).

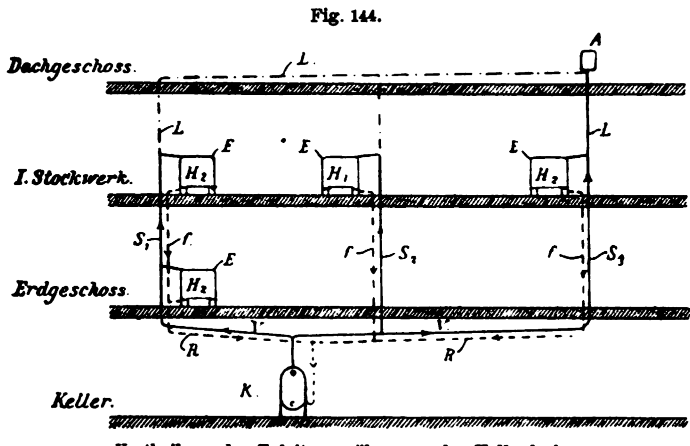
Vertheilungsleitung. Die Anordnung der Vertheilungsleitung

wird nach Maassgabe der Verhältnisse des Gebäudes getroffen. Rud. Otto Meyer giebt folgende Schemata über die Anlage der Vertheilungsröhren:

In Fig. 143 wird vom Kessel K das Hauptsteigrohr S direct nach dem Dachboden geführt. Dort zweigt die Vertheilungsleitung V ab, an deren höchstem Punkte das Ausdehnungsgefäss A angeschlossen ist. Aus der Vertheilungsleitung führen die einzelnen Fallstränge F das warme Wasser den Heizkörpern H zu, aus denen es abgekühlt in die Rücklaufleitungen f und R und von da wieder in den Kessel K gelangt.

Bei einer anderen Anordnung (s. Fig. 144) fällt das Hauptsteigrohr S fort; die Vertheilungsleitung V ist unter der Kellerdecke ver-

Fig. 144.



Vertheilung der Zuleitungsröhren an der Kellerdecke.

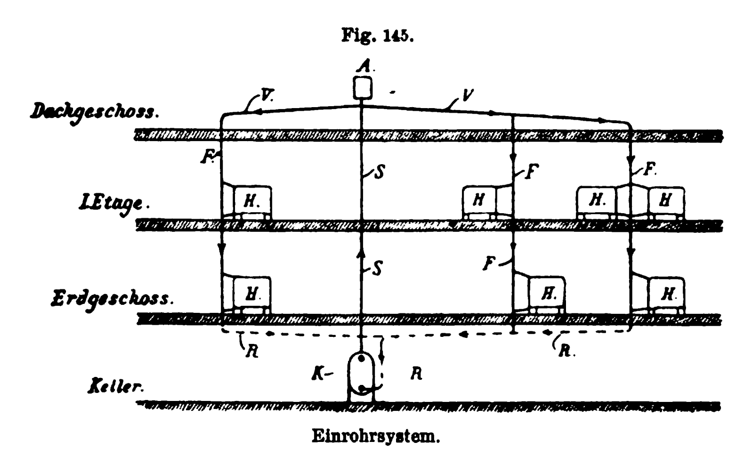
legt. Von dieser zweigen die einzelnen Steigerohre S_1 S_2 S_3 ab, an welche die Heizkörper H_1H_2 angeschlossen sind; aus letzteren fliesst dann wie bei Fig. 144 das abgekühlte Wasser in den Leitungen f und R wieder zum Kessel. Die höchsten Punkte der Vertheilungsleitung V stehen durch Luftleitungen L mit dem Ausdehnungsgefäss A in Verbindung, um selbstwirkende Entlüftung zu sichern. An Stelle der Luftleitungen L können auch einzelne Entlüftungsventilchen E an den Heizkörpern angebracht werden.

Eine dritte Anordnung (s. Fig. 145) unterscheidet sich von der Anordnung in Fig. 143 nur dadurch, dass die Fallstränge F das warme Wasser den Heizkörpern H nicht nur zuleiten, sondern auch gleichzeitig das in denselben abgekühlte Wasser wieder aufnehmen und es der Rücklaufleitung R zuführen. Durch eine richtige Wahl

der Rohrquerschnitte und Heizflächen wird dafür gesorgt, dass auch den Heizkörpern im Erdgeschoss genügende Wärme zugeführt wird.

Da in Folge der Erwärmung sich die Röhren ausdehnen, so ist auf diesen Umstand bei der Befestigung derselben sorgfältig Acht zu geben. Die von Rietschel in seinem „Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Heizungsanlagen" gegebene Bestimmung der Rohrweiten für Wasserheizungen soll sich in der Praxis so bewährt haben, dass die danach berechneten Anlagen gut und gleichmässig arbeiten (Wisliceny). Wir können hier nur auf genanntes Werk verweisen. Alle Röhren, welche keine Wärme abgeben sollen, müssen mit einer Umhüllung von schlecht wärmeleitendem Material

Fig. 145.



Einrohrsystem.

versehen sein. Sehr wichtig für die Brauchbarkeit des Systems ist der absolut wasserdichte Abschluss der einzelnen Rohrstücke mit einander und der sorgfältige Schutz der etwa frei liegenden Röhren. Das Rohrnetz bedarf bei jeder Anlage einer sorgfältigen Durchbildung und bleibt dem Techniker überlassen. Das Material der Rohrleitung wird zumeist in Schmiedeeisen, seltener in Kupfer gewählt.

Expansionsgefäss. Da sich in Folge der Erwärmung das Volumen des Wassers vergrössert, so ist an der höchsten Stelle des Systems ein Ausdehnungsgefäss vorgesehen, welches mit dem Rohrnetz in Verbindung steht und welches bestimmt ist, den durch die Volumenvergrösserung entstehenden Ueberschuss des Wassers aufzunehmen. Das Expansionsgefäss ist in der Regel mit einem Wasserabflussrohr versehen, welches nach dem Dache hinausführt; es kann auch mit einer Schwimmervorrichtung versehen sein, welche

durch einen über eine Rolle geführten Zeiger die Wasserhöhe angiebt. Bei Rietschel und Henneberg ist die Vorrichtung derart, dass durch ein eigenes Signal- oder Ueberlaufrohr nach dem Heizraum hin die Controle über den Wasserstand im Expansionsgefäss geübt werden kann.

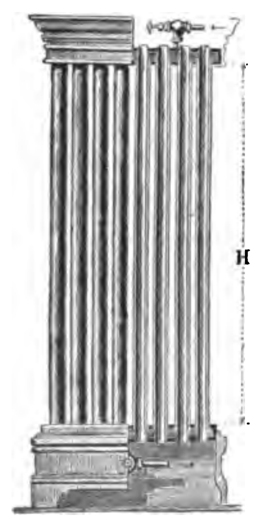
Durch das offene Ausdehnungsgefäss ist eine Erhitzung des Wassers über 100° C. ausgeschlossen; ferner findet nach demselben auch die Entlüftung des Systems statt, falls nicht für diesen Zweck besondere Rohre oder Ventile vorgesehen sind. Falls die Expansionsgefässe nicht in frostsicheren Räumen Aufstellung finden können, ist eine Umhüllung zum Schutz gegen Einfrieren erforderlich.

Die Heizkörper haben den Zweck, die Wärme des durchströmenden Wassers an das Zimmer abzugeben; ihre Construction ist deshalb eine derartige, dass sie der Luft behufs Erwärmung möglichst grosse Flächen darbieten. Für die Wahl der Heizkörper sind die hygienischen Bedingungen dahin zu stellen, dass die Körper an sich reinigungsfähig bleiben, also möglichst glatte und senkrechte Heizflächen aufweisen, und dass sie so in den Raum gestellt werden, dass sie stets bequem zugänglich sind, damit sie auch wirklich gereinigt werden. Ihre Form ist eine recht mannigfache. Wo nicht Rücksichten auf Platzersparniss mitsprechen, verwendet man Oefen in Säulenform. Die einfachste Construction besteht aus einem doppelwandigen Cylinder, dessen innerer Raum mit Wasser gefüllt ist. Dieser Ofen besitzt zwar in Folge des bedeutenden Wasserraumes ein grosses Wärmereservationsvermögen, ist indess auch aus diesem Grunde schwer zu reguliren und bietet nur eine relativ geringe Heizfläche; er ist daher für Schulen wenig geeignet. Zur Vergrösserung der Heizfläche hat man den Wasserraum mit Röhren durchzogen, durch welche die Luft strömt, oder der Heizkörper ist ein Doppelcylinderofen, aber ohne Röhren. Das Wasser befindet sich in dem Raume zwischen den beiden Cylindern. Ein solcher Ofen ermöglicht in Folge seines geringen Wasserinhaltes schnelle Regulirbarkeit und gewährt eine grosse Heizfläche. — Eine bessere Wärmeabgabe ist mit den Rohrregistern zu erreichen (Fig. 146). Sie bestehen aus schmiedeeisernen Doppelrohren, welche in gusseisernen Endkästen luftdicht eingefügt sind. In dem korbartigen Untertheil befindet sich die Luftzuführungsklappe. Diese Construction, die als Typus der Heizkörper in Berliner Schulen bezeichnet werden kann, wird ein- und zweireihig und zur Aufstellung an ebenen Wänden oder in den Ecken ausgeführt. In dem Raume zwischen

beiden Rohren ist das Wasser erhalten, welches sowohl die Luft in dem inneren Rohre als auch die von aussen mit den Wänden des äusseren Rohres in Berührung kommende Luft erwärmt. Allerdings ist die Luftcirculation in dem engen Mittelraum keine bedeutende.

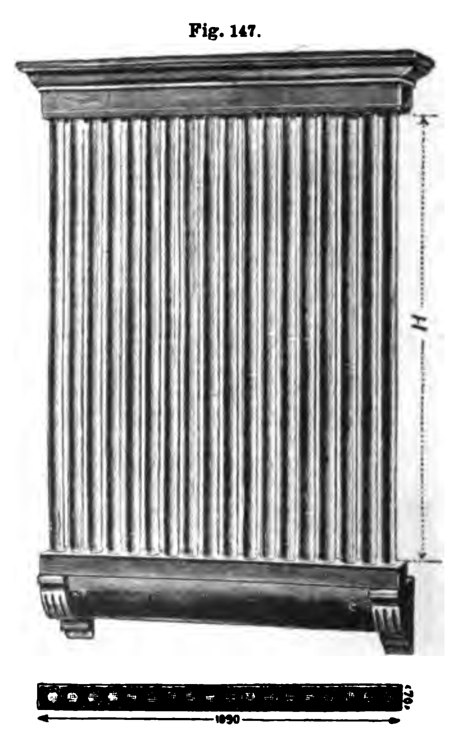
Kelling's schmiedeeiserne Röhrenöfen (Fig. 147) sind ebenso gebaut wie die Doppelrohrregister, haben aber engere und nur einfache Rohre. Da diese Construction es ermöglicht, dass die gesammte Luftmenge leicht mit den wärmeabgebenden Flächen in Berührung kommt, so gewährleistet sie eine bessere Wärmeabgabe; indess ist es

Fig. 146.



Doppelrohrregister von Rietschel & Henneberg.

Fig. 147.

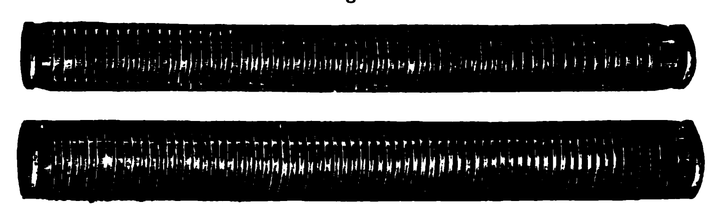


Kelling's einfache Rohrregister.

nothwendig, dass diese Oefen bei ihrer Verwendung in Schulen mit einem Mantel versehen werden, weil sonst bei starker Erwärmung des Wasserinhaltes und damit der Rohrwandungen die Schüler sich verbrennen können. Diese Verkleidungen sollten so einfach wie möglich und stets leicht abnehmbar eingerichtet sein. Ein einfacher Blechschurz oder ein Schirm, ähnlich den Ofenschirmen, genügt vollständig. Am besten ist es freilich für Schulen, wenn die Heizkörper gänzlich frei bleiben können. Zuweilen ergiebt sich auch die Nothwendigkeit, kleinere

Heizkörper zu bauen, die z. B. zur Aufstellung in den Fensternischen geeignet sind. Zur Construction derartiger Heizkörper verwendet man Rohrelemente (Fig. 148), die entweder glatt oder mit Rippen versehen sind. Elemente mit schrägstehenden Rippen setzen dem aufsteigen-

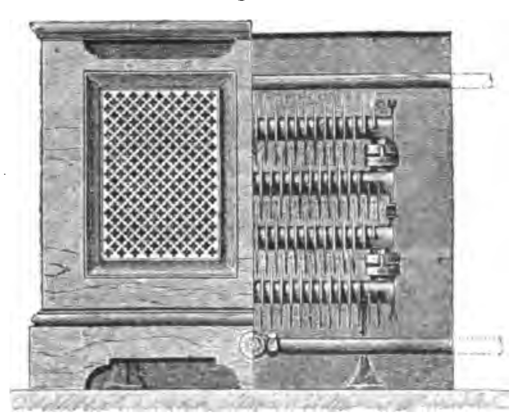
Fig. 148.



Rippenrohre (Grove).

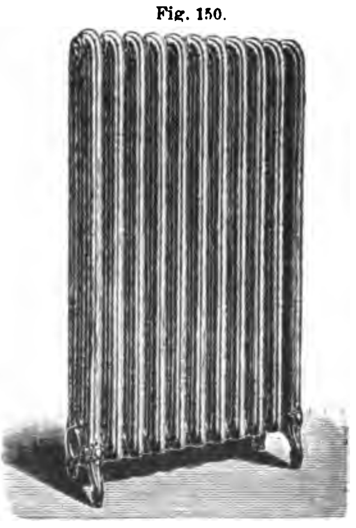
den Luftstrome einen gewissen Widerstand entgegen und sind daher in ihrem Heizeffect weniger günstig als senkrechtrippige Körper. Im Allgemeinen werden gerippte Rohre nur in wagerechter Anordnung

Fig. 149.



Heizkörper aus Rippenrohren (Rietschel & Henneberg).

Fig. 150.



Heizkörper aus Reihengliedern (R. O. Meyer).

in den Heizkörpern verwendet, um möglichst wenig Flächen für Staubablagerung zu haben, während für senkrecht stehende Heizkörper glatte Elemente Verwendung finden. Das Wasser tritt in die Heizkörper (Fig. 149) oben ein, durchläuft die Rohre, die abwechselnd rechts und links in Verbindung stehen, um unten abzufliessen. Bei den Heizkörpern aus Reihengliedern (Fig. 150) befindet

sich eine untere und eine obere durchlaufende Verbindung, durch welche die Circulation des Wassers geregelt wird. Die Heizkörper können entweder frei stehen oder mit einer als Mantel dienenden Verkleidung versehen sein; jedoch wirken Oefen ohne Mantel besser als die ummantelten. — Eine ausgedehnte ebene Heizfläche bei geringem Raumbedarf bieten die Plattenheizkörper (Fig. 151); sie bestehen aus zwei entsprechend starken Blechen, deren Abstand von einander nicht zu gross sein darf. In den Zwischenraum mündet seitlich der Ein- und Austrittstutzen. Die Ansichtsplatte ist glatt. Eine Verbindung von Plattenheizkörpern mit Rohrrippenelementen zeigt die in Fig. 152 dargestellte von Rietschel & Henneberg ausgeführte Construction, deren Verkleidung glatt oder decorirt sein kann.

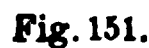
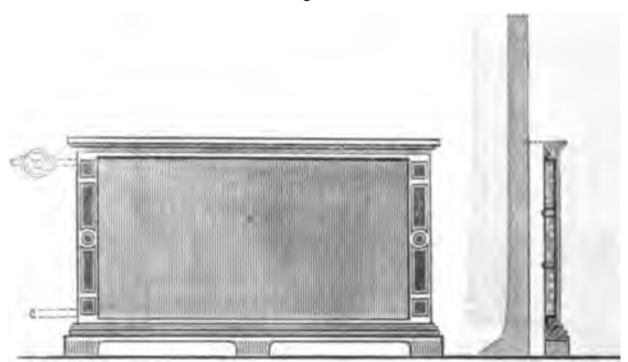


Fig. 151.



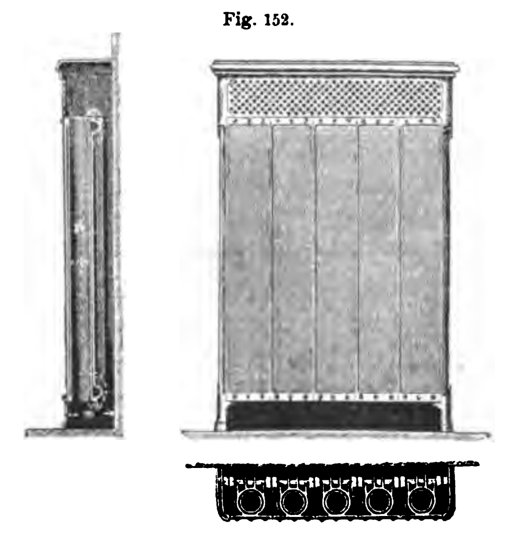
Schmiedeeiserne Plattenheizkörper (Grove).

Den höchsten Anforderungen in Bezug auf leichte Reinigung der Heizkörper entspricht eine neue drehbare Anordnung der Heizkörper, welche durch thürartiges Aufdrehen auch die Rückflächen der Heizkörper zur Reinigung freigiebt. Diese Construction der Firma Rietschel & Henneberg kommt unter der Bezeichnung „Sanitätsheizkörper" auf den Markt.

Man thut gut, wie neuerdings üblich, die Heizkörper nicht mehr auf den Fussboden, sondern auf Console zu stellen, um die Reinigung des Bodens unter den Heizkörpern zu ermöglichen. Im Allgemeinen sollen die Heizkörper dort stehen, wo die meiste Abkühlung im Zimmer statthat, d. h. an den Aussenwänden, wo sie in die Maueraussparungen unterhalb der Fenster hineingerückt werden. Diese Anordnung bietet den Vortheil, dass der Fensterzug von den Schulkindern abgehalten wird, indem die eintretende kalte Luft sich mit dem aufsteigenden

warmen Luftstrom mischt, dass eine gleichmässige Wärmevertheilung erzielt wird und dass keine sonst nützlichen Wandflächen beansprucht werden. Ist jedoch, besonders bei gut schliessenden Fenstern (Doppelfenstern), Zug wenig zu befürchten, so können die Heizkörper auch an den Innenwänden stehen. In diesem Falle finden sie ihren Platz wohl auf der Seite des Lehrersitzes, um auf diese Weise die an ihre Plätze gebundenen Zuhörer vor Belästigung durch strahlende Wärme zu schützen. Wenn aber die Zuluft kalt durch Canäle in der Corridorwand zum Schulraum geleitet wird, so müssen die Heizkörper an dieser Wand und zwar unterhalb dieses Kaltluftzuflusses

Fig. 152.



Freistehender Heizkörper aus Rohrrippenelementen mit Plattenheizkörper (Rietschel & Henneberg).

stehen, damit die Mischung von kalter und warmer Luft vor sich geht. Im Uebrigen gestaltet sich die Stellung der Heizkörper an den Innenwänden billiger in den Anschaffungskosten, weil das Rohrnetz weniger weit verzweigt ist.

Die Wärmeabgabe jedes Heizkörpers muss durch eine Abstellvorrichtung leicht und gut regulirbar sein, und zwar sollte zum Zwecke der einheitlichen Bedienung diese Vorrichtung stets nur vom Heizer, nicht aber vom Lehrer oder von den Schulkindern gestellt werden können.

Die Zuleitung des Wassers nach den Heizkörpern erfolgt in der Regel am oberen, die Ableitung des abgekühlten Wassers am unteren Ende derselben. Jeder einzelne Heizkörper ist mit Hahn-

oder Ventileinrichtung versehen, mittelst welcher er aus dem ganzen System jederzeit entweder völlig eliminirt werden kann, oder doch die Circulation des Wassers beschränkt werden kann. Ausserdem geschieht die Regelung der Wärmeübertragung auch für die ganze Anlage direct vom Heizkessel aus, indem die Temperatur des circulirenden Wassers je nach der Aussentemperatur höher oder niedriger bemessen und das Feuer im Kessel längere oder kürzere Zeit unterhalten wird. Je grösser und wirkungsvoller die Heizflächen sind, desto niedriger kann bei gleicher Wärmeleistung die Erwärmung derselben sein; die Wärmeabgabe wird milder; das Wasser braucht nur mässig erwärmt zu werden.

Die Warmwasserheizung mit Niederdruck setzt in der Regel beträchtliche Wassermassen in Bewegung; daher ist das Wärmeaufspeicherungsvermögen bei derselben ein beträchtliches. Da überdies die Heizkörper keine hohe Wärme erhalten, so ist die Wärmeausstrahlung verhältnissmässig gering, so dass die Kinder nahezu dicht an die Heizkörper heranrücken können. Allerdings erfordert die Regelung der Wärme in dem ganzen System wie auch innerhalb der einzelnen Heizkörper einige Zeit, weil die Temperatur der bedeutenden Wassermengen sich erst nach und nach erhöht bezw. vermindert. Rietschel schlägt daher vor, das System bei Schulheizungen für möglichst geringen Wasserinhalt einzurichten.

Die Rücklaufleitung muss, soweit sie wagrecht angeordnet ist, das nöthige Gefäll besitzen; sie tritt an der tiefsten Stelle in den Kessel ein.

Die Warmwasserheizung mit Niederdruck ist sonach sicher ein vorzügliches Heizsystem für Schulen; auch Rietschel plaidirt für dasselbe. Wenn auch die Anlagekosten hohe sind, so ist doch die Haltbarkeit des Systems eine fast unbeschränkte. Die Sicherheit ist die denkbar grösste, weil Explosionen nicht vorkommen können. Die Bedienung ist eine einfache; selbst durch Unachtsamkeit ist eine Erhitzung des Wassers bis über 100° C. nicht möglich, da das System ein offenes ist. Eine Verunreinigung der Luft durch Versengen der in ihr enthaltenen Staubtheilchen, durch Eintreten von Feuergasen ist ausgeschlossen. Die Erwärmung ist eine angenehme und gleichmässige; die Heizkörper wirken sowohl durch Leitung als auch durch Strahlung. Das einzige Bedenken gegen die Warmwasserheizung wie gegen die Wasserheizungen überhaupt ist die Gefahr des Einfrierens und Platzens der Röhren und Heizkörper, wenn im Winter keine Heizung erfolgt, sei es, dass während der Ferien

die Heizung ruht, oder, dass einzelne unbenutzte Räume von der Zufuhr warmen Wassers völlig ausgeschlossen sind. Man muss sich gegen das Einfrieren dadurch schützen, dass die Abstellvorrichtungen nicht völlig geschlossen werden, so dass eine, wenn auch nur geringe Circulation des Wassers in diesen eliminirten Theilen der Anlage statthat. Das Anheizen der Warmwasserheizung dauert etwas länger als bei der Luftheizung, ist aber bei einer guten Anlage immerhin in wenigstens 2 Stunden zu erreichen.

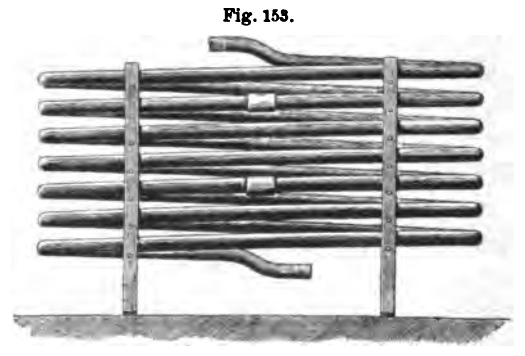
Die Warmwasser-Mitteldruckheizung unterscheidet sich in der Anlage dadurch von der Niederdruckheizung, dass in dem Expansionsgefäss an dem Ende des Ausflussrohres ein Doppelventil angebracht ist, welches für eine bestimmte Belastung eingerichtet ist. Die dieselbe übersteigende Drucksteigerung gestattet ein Entweichen von Wasser in das Gefäss, während das Herabgehen des Druckes bei Abkühlung des Röhrensystems eine Aufsaugung des Wassers bedingt. Weiter weicht sie von der Niederdruckheizung darin ab, dass sie, da von Hause aus höhere Temperaturen angewandt werden, nur kleinere Heizkörper braucht; indess ist in demselben Maasse auch das Wärmereservationsvermögen geringer; die Abnutzung der Apparate ist eine grössere, und Reparaturen sind häufig nothwendig. Da die Warmwasserheizung mit Mitteldruck ein geschlossenes System ist, so kann es nicht als gefahrlos bezeichnet werden; nur durch richtiges Wirken der Sicherheitsvorrichtungen und aufmerksame Bedienung ist Explosionsgefahr zu vermeiden (Rietschel). Das ganze System enthält zuweilen über 100° C. erwärmtes Wasser, weshalb die den Kindern zugänglichen Röhren und die Heizkörper mit Schutzverkleidungen versehen sein müssen. Die hohe Temperatur dieser Theile der Anlage kann ein Versengen des Luftstaubes und dadurch eine Verunreinigung der Zimmerluft herbeiführen. Dieser Uebelstände wegen ist die Warmwasser-Mitteldruckheizung für Schulen ungeeignet.

Heisswasserheizung.

Die Heisswasserheizung, nach ihrem Erfinder auch Perkins-Heizung genannt, beruht auf demselben Princip wie die Warmwasserheizungen. Bei ihr ist eine Kesselanlage nicht vorhanden, vielmehr besteht dieses System aus einem continuirlichen Rohr (Perkins-Rohr) von verhältnissmässig engem Lumen. Etwa 1/6 der

Länge des Rohres ist zu einer Spirale (Feuerschlange) aufgewunden und wird dem Feuer ausgesetzt. Die Röhren sind von ausserordentlicher Stärke, indem dieselben bei einer lichten Weite von 2,3 cm einen äusseren Durchmesser von 3,3—3,5 cm besitzen. Weil sie einen sehr beträchtlichen Innendruck auszuhalten haben, so müssen sie auf einen bedeutenden Druck probirt sein, und auch ihre Zusammenfügung bedarf der grössten Sorgfalt. Das Wasser wird mittelst einer Druckpumpe so in die Röhren getrieben, dass dieselben frei von Luft sind. Da das Wasser in dem Systeme über die Siedetemperatur erhitzt wird, bei hermetischem Verschluss auch keine Dampfbildung stattfinden darf, so wird der Ausdehnung des Wassers durch Anbringung eines Expansionsgefässes am obersten Punkte des Steigrohres Rechnung getragen, ähnlich wie bei der Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

Fig. 153.



Fensternischen-Heizkörper für Heisswasserheizung (Rietschel & Henneberg).

Von dem Steigerohre gehen nach den zu erwärmenden Zimmern die Vertheilungsrohre. Die Heizkörper bestehen gleichfalls nur aus diesen engen Rohren. Sie laufen in dem zu beheizenden Raume entweder an den Wänden entlang oder befinden sich, zu Schlangen gewunden, in den Fensternischen (Fig. 153). Letztere Form der Heizkörper kann auch für Warmwasserheizung Verwendung finden.

Bei ihrer Neigung, rasch abzukühlen, ist es wichtig, dass die Röhrensysteme nicht zu lang sind; man hat deshalb sog. gekuppelte Röhrensysteme dargestellt, in welchen die aus einem Systeme rückkehrende Wassermasse in ein zweites Röhrensystem einfliesst. Im Uebrigen stimmt dies Heizsystem in den Einzelheiten mit der Warmwasserheizung wesentlich überein.

Die Vorzüge der Heisswasserheizung bestehen in billigen Anlage- und Betriebskosten, in einfachem Betriebe, schnellem und sicherem Anheizen und leichter Anlage auch in alten Gebäuden.

Indessen bietet dies System auch eine Reihe nicht unwesentlicher Nachtheile. Erstens sind sie nur bei ausserordentlicher Sorgfalt der Arbeit und gewissenhaftem Betriebe ungefährlich; zweitens gestatten sie eine nur mangelhafte Ausnutzung des Brennstoffes; drittens ist die Wärmeabgabe in den verschiedenen Räumen nicht nach verschiedenem Bedürfnisse zu reguliren, auch wird im Ganzen nur ein Theil der Wärme transmittirt; endlich verhalten sich die Röhren nahezu wie eiserne Oefen, d. h. sie kühlen, da sie fast gar keine Wärme aufspeichern, sofort ab, wenn die Heizung unterbrochen ist, und strahlen sehr intensiv Wärme aus, so dass die Heizkörper möglichst entfernt von den Schülerplätzen aufgestellt werden müssen.

Ganz besonders geben sich diese Nachtheile bei den Hochdruck-Heisswasserleitungen kund, bei welchen das Wasser über 150 bis etwa 200° C. erwärmt wird. Bei diesem System sind überdies Verunreinigungen der Luft durch brenzliche Producte der Verbrennung organischen Staubes, Explosions- und selbst Feuersgefahr nicht ausgeschlossen, da Holz, Papier etc. an den Röhren sich entzünden können (Henneberg). Es wird also dies System für Schulen unbedingt zu verwerfen sein.

Dampfheizung.

Die Dampfheizung benutzt den Wasserdampf als Träger der Wärme; dieser gestattet bei der Leichtigkeit, mit welcher durch einfache Ventilvorrichtungen sein Strömen zu reguliren ist, dass man jedem Raume nach Bedarf Wärme zuführen kann. Man hat auf der anderen Seite allerdings wieder den Nachtheil, dass mit dem Augenblick der Dampfsperrung die Wärmeabgabe in dem Raume aufhört, weil kein als Wärmereservoir dienender Körper vorhanden ist.

Im Ganzen besteht die Dampfheizungsanlage aus dem Dampfentwickler (Dampfkessel oder Röhrensystem), den Dampfleitungsröhren, den Heizkörpern und demjenigen Röhrenapparat, welcher das Condenswasser von den Heizkörpern zurückleitet.

Bei Dampfheizungen werden gleichfalls solche mit hoher und solche mit niederer Dampfspannung unterschieden. Bei den Niederdruck-Dampfheizungen darf die Spannung 0,5 Atmosphären oder 5 m Wassersäule Ueberdruck nicht übersteigen; zumeist aber wird Dampf von noch geringerer Spannung, nämlich 0,05—0,3 Atmosphären, hierbei verwendet, weshalb man diese Heizung vielfach auch Dunstheizung oder Wasserdunstheizung nennt.

Auch bei den Hochdruck-Dampfheizungen, bei denen im Dampfkessel gewöhnlich eine Spannung von 3—5 Atmosphären vorhanden ist, wird diese am Anfange der Rohrleitung durch ein Druckverminderungsventil derart vermindert, dass der Druck in den Röhren und den Heizkörpern 1—2 Atmosphären nicht übersteigt.

Die Dampfheizungsanlagen sind von den einzelnen Fabrikanten so ausserordentlich verschieden ausgeführt, dass wir bezüglich derselben auf die technischen Handbücher verweisen müssen; wir beschränken uns hier auf einige allgemeine Erörterungen und auf die Vorführung einiger der wichtigsten Systeme der Niederdruck-Dampfheizung.

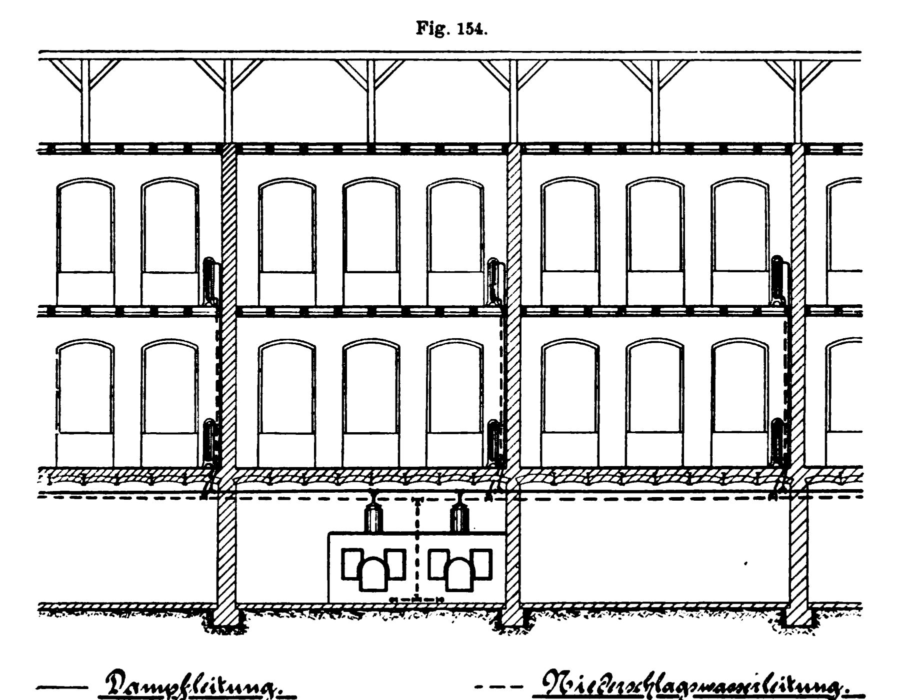
Die Dampfheizung mit Hochdruck erfordert Dampfkessel, welche den Anforderungen des Dampfkessel-Gesetzes unterliegen; Anlage und Betrieb unterstehen behördlicher Genehmigung und Aufsicht. Als reine Dampfheizung ausgebildet, ist dies System wegen der Explosions- und Feuergefährlichkeit für Schulen nicht zu empfehlen, wohl aber findet es in combinirten Heizsystemen Verwendung. Der Dampfkessel kann an beliebiger Stelle innerhalb oder ausserhalb des zu beheizenden Gebäudes stehen, da die Fortleitung des Dampfes sowohl in horizontaler als auch in senkrechter Richtung selbst auf mehrere hundert Meter Entfernung keine Schwierigkeit bietet. Die Condensation des Dampfes erfolgt zum Theil schon in der Vertheilungsleitung, die den Dampf den einzelnen Heizkörpern zuführt. Wenn nun dies Condenswasser sich in der Leitung nicht annähernd so schnell wie der Dampf oder gar gegen die Bewegungsrichtung desselben bewegt, so kann dadurch, dass der Dampf dasselbe mit sich fortreisst und gegen die Rohrwandungen schleudert, Schlagen und Knallen in der Rohrleitung hervorgerufen werden, eine höchst unangenehme und für Schulen sicher sehr störende Erscheinung, die möglichst vermieden werden muss. Der Uebelstand zeigt sich am meisten dann, wenn der Dampf auf weite Strecken hin fortgeleitet wird. Die Heizkörper gleichen in ihrer Form und ihrer Aufstellung denen bei der Warmwasserheizung. Die Regelung der Wärmezufuhr und Wärmeabgabe erfolgt in den Heizkörpern zumeist durch Ventilstellung. Das in dem Rohrsystem und in den Heizkörpern durch Condensation des Dampfes gebildete Wasser wird durch besondere Leitungen nach dem Keller geführt und hier, da es noch ziemlich hoch temperirt ist, in der Regel zur Speisung des Heizkessels verwandt.

Die Niederdruck-Dampfheizung von Rietschel & Henneberg

(Fig. 154) besteht aus einer im Kellergeschoss angeordneten Kesselanlage, welche Dampf von niedriger Spannung — 0,1 bis 0,15 Atmosphären Ueberdruck — erzeugt. Der Kessel ist mit der oben erwähnten regulirbaren Luftzuführung zur Heizung versehen.

In unverschliessbarer Verbindung mit dem Dampfraum des Kessels steht das Sicherheitsgefäss, welches einen syphonartigen Wasserverschluss bildet. Steigt aus irgend einer äusseren Ursache der Dampfdruck auf 0,5 Atmosphären, so entleert sich der Wasser-

Fig. 154.



Niederdruck-Dampfheizung (Rietschel & Henneberg).

inhalt und der Dampf strömt ins Freie, so dass der Druck nicht weiter steigen kann. Schon lange bevor dies eintritt, schon bei einer Drucksteigerung auf 0,25 Atmosphären, tritt eine Signalpfeife in Function und zeigt dem Wärter den anormalen Zustand an. Die gleiche Pfeife ertönt, wenn durch irgend einen Umstand der Wasserstand im Kessel unter das zulässige Maass sinkt[1]).

[1]) Natürlich kann auch der bei der Warmwasser-Niederdruckheizung beschriebene Kessel von O. R. Meyer gleichfalls für die Niederdruck-Dampfheizung Verwendung finden.

Die Kesselanlagen sind also vollkommen gefahrlos und nach dem deutschen Reichsgesetz nicht concessionspflichtig.

Als Brennstoff dient hier in der Regel Coacs.

Rohrleitung. Der von der Kesselanlage gelieferte Dampf wird durch Hauptvertheilungsleitungen längs der Kellerdecke den einzelnen verticalen Steigesträngen zugeführt und durch diese an die einzelnen localen Heizkörper abgegeben. Ein zweites System von Rohrleitungen leitet den condensirten Dampf, das Niederschlagswasser, wieder selbstthätig in die Heizkessel zurück; für die Kesselspeisung kommt also stets nur das gleiche Wasser zur Verwendung. Dies hat den grossen Vortheil, dass die Kesselsteinbildung auf ein Minimum reducirt wird.

Durch die Niederschlagswasserleitung erfolgt gleichzeitig die Entlüftung des Systems.

Diejenigen Rohrleitungen, welche durch nicht zu beheizende Räume führen, werden zum Schutze gegen unnöthige Dampfverluste mittelst Isolirmasse umkleidet.

Heizkörper. Die Aufstellung der Heizkörper erfolgt entweder in den Fensternischen zur Vermeidung herabsinkender kalter Luftströme, oder bei nothwendig werdender anderer Disposition an den Innenwänden des Zimmers.

Die Art der Heizfläche richtet sich nach dem Ort der Aufstellung. In Fensternischen finden zweckmässig verkleidete Heizkörper, meist Scheibenelemente, Verwendung, während bei freistehender Anordnung Radiatoren, Doppelrohrregister oder mit Rippen armirte Plattenheizkörper zur Anwendung kommen.

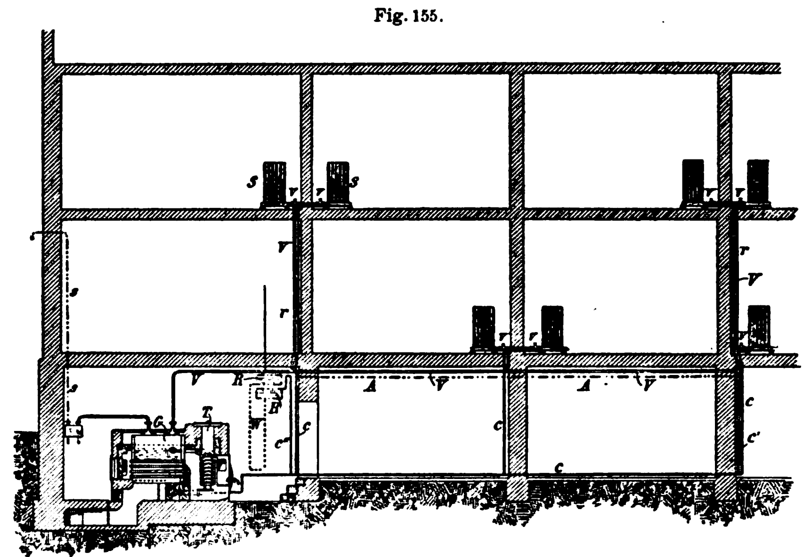
Im Uebrigen gilt von den Heizkörpern der Niederdruck-Dampfheizung dasselbe, was über dieselben bei der Niederdruck-Warmwasserheizung gesagt ist.

Wärmeregulirung. Jeder einzelne Heizkörper erhält ein Regulirungsventil, dessen Construction die Einstellung des Durchflussquerschnittes so gestattet, dass bei ganz geöffnetem Ventil nur so viel Dampf in den Heizkörper einströmen kann, als derselbe auf Grund seiner Heizfläche im Maximum zu condensiren vermag. Wird nunmehr das Regulirungsventil nach Maassgabe einer Scala zugedreht, so vermindert sich der Dampfzufluss, bis mit vollkommenem Schluss des Ventils der Heizkörper ganz von der Heizung ausgeschlossen ist. Dadurch, dass mittelst der Ventileinstellung die Wirksamkeit der Heizfläche auf jedes Maass beschränkt werden kann, ist man im Stande, jede Raumtemperatur einzustellen bezw.

bei jeder Aussentemperatur die Innentemperatur constant zu erhalten.

In neuerer Zeit wird von der Firma Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover eine Dampfniederdruck-Heizung mit Syphonluftregulirung und Dampfluftumlauf in den Heizkörpern construirt, von der in Fig. 155 ein Uebersichtsplan gegeben ist. In dem mit G bezeichneten Dampfniederdruckkessel, welcher mit dem gesetzlich vorgeschriebenen 5 m hohen offenen Standrohre versehen ist, so dass die Spannung des Dampfes im Höchstfalle nur 0,5 Atmosphären betragen kann, wird Dampf entwickelt und durch die zu-

Fig. 155.



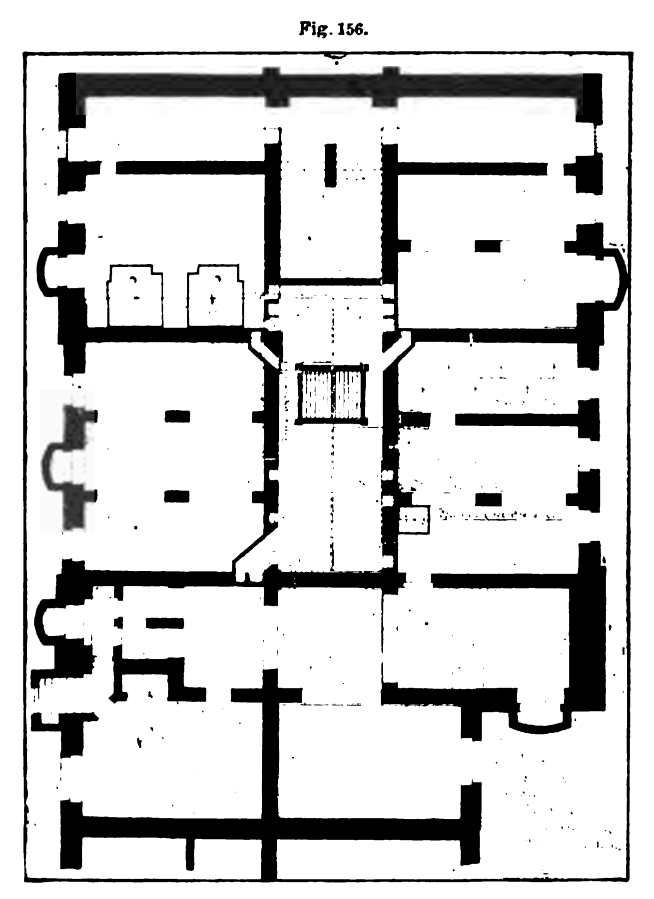
Körting's Dampfniederdruck-Heizung.

meist an der Kellerdecke liegende Dampfleitung V und die Steigstränge V den mit S bezeichneten Heizkörpern zugeführt. Das Condenswasser und die durch den Dampf aus den Heizkörpern und Rohrleitungen verdrängte Luft strömt durch das Rohr r abwärts. Die Luft selbst wird durch das horizontale Rohr A, welches mit sämmtlichen Condensleitungen unter der Kellerdecke in Verbindung steht, in das mit Wasser gefüllte Gefäss R^1 geführt, wodurch gleichzeitig die entsprechende Wassermenge aus diesem Gefässe durch die Syphonschleife W nach dem mit der Atmosphäre durch ein aufsteigendes Rohr in Verbindung stehenden Gefässe R gedrückt wird, während das Condenswasser durch die mit c bezeichneten Leitungen dem Kessel wieder zugeführt wird.

Jeder Heizkörper ist mit einem Regulirventil v versehen. Die in den Heizkörpern, in dem Rohrsystem und dem Kessel eingeschlossene Luft, sowie das gesammte Condenswasser verbleiben im System, so dass in letzterem kein Rosten und keine Kesselsteinbildung stattfindet.

In der in Fig. 156 dargestellten, von Gebr. Körting ausge-

Fig. 156.



Heizungsanlage in der Schule an der Kestnerstrasse in Hannover.

führten Heizungsanlage sind zwei Kessel verwandt, welche im Dampf- und Speisestrange mit je einem Absperrventil versehen sind, so dass bei mildem Wetter ein Kessel ausser Betrieb gesetzt und die Heizungs- und Lüftungsanlage mit dem anderen Kessel allein betrieben werden kann, wodurch ein sparsamer Brennstoffverbrauch erzielt wird.

Die Dampfvertheilungsleitung ist gegen Wärmeverluste sorg-

fältig geschützt und wird an den Endpunkten nach der gemeinsamen Condensleitung hin entwässert, so dass die Anlage ruhig und geräuschlos arbeitet. Von dieser Leitung führen einzelne Stränge den Dampf nach den Heizkörpern.

In jedem Klassenraume sind zwei Heizkörper aufgestellt, von denen der eine unter Controle des Lehrers, der andere unter Controle des Heizers steht. Diese Heizkörper sind mit den erforderlichen Nadelregulirventilen versehen, durch welche die Wärmeabgabe eines jeden Heizkörpers nach Bedürfniss geregelt bezw. der Heizkörper ganz ausser Dienst gestellt werden kann.

Damit diese Heizkörper die gleiche milde und angenehme Wärme, durch welche sich die Heizkörper einer Warmwasserheizung so vortheilhaft auszeichnen, abgeben, hat die Firma Gebr. Körting dieselben mit einer ihr patentirten Einrichtung versehen: Der Hohlraum der Heizkörper wird von drei senkrecht angeordneten Canälen gebildet, welche oben und unten unter sich in Verbindung stehen. Der Dampf wird in jedes Heizkörperelement von unten mittelst einer Düse in Strahlform in den mittleren Dampfcanal geführt. Der eintretende Dampf mischt sich mit der im Heizkörper befindlichen Luft, und dieses Dampfluftgemisch wird durch die Wirkung des Dampfstrahles in Umlauf gesetzt, derart, dass eine gleichmässige Erwärmung des Heizkörpers stattfindet, d. h. dass er unten gerade so warm ist wie oben. Wird das Regulirventil weiter geöffnet, so tritt mehr Dampf in den Heizkörper; in Folge dessen wird derselbe höher erwärmt und damit seine Wärmeabgabe gesteigert. Es lässt sich sonach bei jeder Aussentemperatur durch entsprechendes Einstellen des Regulirventils die Temperatur in der Klasse auf dem vorgeschriebenen Temperaturgrad halten.

Nur bei niedrigster Aussentemperatur wird das Ventil ganz geöffnet, und nur dann zeigt der Heizkörper die Dampfwärme, das sind ca. 102° C., während er bei jeder anderen Aussentemperatur weniger hoch erwärmt zu sein braucht.

Obwohl noch nicht hierher gehörend, so sei doch im Anschluss an den in Fig. 156 beigegebenen Grundriss darauf hingewiesen, dass die Dampfniederdruck-Heizung gleichzeitig für die Ventilation der Zimmer und für den Betrieb einer Brausebadanlage Verwendung findet; zur Lüftung wird dieselbe benutzt, indem man die frisch zugeführte Luft über eine Reihe mittelst Dampfes erwärmter Rippenheizkörper streichen lässt.

Der Hauptvortheil der Niederdruck-Dampfheizung besteht darin,

dass, da die Heizkörper fast keine Wärmereserve besitzen, insbesondere der Heizeffect rasch geregelt werden und die Heizwirkung der Oefen mit Besetzung der Räume und der damit verbundenen Wärmeabgabe der Insassen sofort wirksam vermindert werden kann. Wie wir gesehen haben, kann das System auch mit der Lüftungsanlage derart verbunden werden, dass zur Vorwärmung der Ventilationsluft genügend Dampfheizfläche zur Verfügung steht, bei welcher, richtige Anordnung vorausgesetzt, keine Gefahr des Einfrierens vorhanden ist, ein Umstand, der die Verwendung von Warmwasserheizröhren, falls die Heizung nicht dauernd in Betrieb ist, zu dieser Vorwärmung ausschliesst.

Combinirte Heizungen.

Ausser den bisher beschriebenen Systemen sind nun Combinationen der mannigfachsten Art vorhanden.

Statt dass bei der Feuer-Luftheizung die Luft in den Heizkammern durch Oefen erwärmt wird, kann die Erwärmung der Luft hier auch mittelst Röhren erfolgen, durch welche Wasser oder Dampf geleitet wird; wir erhalten dann die Wasser-Luftheizung und die Dampf-Luftheizung. Im Uebrigen ist die Construction beider Systeme, die eine angenehme und milde Erwärmung der Zimmer geben, genau so wie bei der Feuer-Luftheizung. Beraneck hält die Niederdruckdampf-Luftheizung für das in neuester Zeit am meisten geschätzte System für Schulen. Bei diesem ist eine Verunreinigung durch Rauchgase unmöglich; Ueberhitzen der Zuluft und Versengen des Staubes können nicht stattfinden; für grosse Schulgebäude mit z. B. 30 Lehrzimmern kann die gesammte Dampferzeugung an einer Stelle vereinigt sein, weil der Dampf auf weite Strecken horizontal geleitet werden, man also von der einen Stelle aus beliebig viele Heizkammern erwärmen kann, während bei der Feuer-Luftheizung in einem grossen Gebäude mehrere Feuerstellen vorhanden sein müssen, da warme Luft in wagerechter Richtung nur auf geringe Entfernung geleitet werden kann.

Da sowohl die Luftheizung als auch die Wasserheizung und damit auch die Wasser-Luftheizung in Bezug auf wagerechte Ausdehnung der Rohrleitung beschränkt sind, die Wasser-Luftheizung der Dampf-Luftheizung gegenüber aber gewisse Vortheile bietet, so hat man bei Gebäuden grösserer Ausdehnung die Dampf-Warmwasserheizung geschaffen, um den Vorzug nur einer Feuerstelle

mit demjenigen der milden Wirkungsweise der Wasserheizung vereinigt zu haben. Bei diesem System wird der in einer Dampfkesselanlage erzeugte Dampf den im Keller des Gebäudes an verschiedenen Stellen vorgesehenen Wasserkesseln zu dem Zwecke zugeführt, das in der Heizanlage circulirende Wasser zu erwärmen. Da sich der Dampf auf weite Entfernungen leiten lässt, so vereinigt dies System den Vortheil grosser Ausdehnungsfähigkeit mit den Vorzügen der Warmwasserheizung.

Die Vorzüge gut ausgeführter und technisch gut betriebener Centralheizungen vor den Localheizungen sind folgende:

1. Erhöhung der Feuersicherheit des Gebäudes, weil nur eine oder nur wenige Feuerstellen vorhanden sind.

2. Grössere Reinlichkeit im Gebäude (Brennstoff nur im Keller, ebendort auch Aschenentfernung).

3. Leichtere Bedienung (nur eine Feuerstelle; Regelung der Temperatur in den einzelnen Zimmern meistens vom Heizerstande aus), daher Ersparniss an Arbeitskräften.

4. Sparsames Heizen, da die Ausnutzung der Brennstoffwärme in einer grossen Feuerstelle eine viel vollkommenere ist als in mehreren kleineren, daher auch geringere Rauchbelästigung in der Umgebung der Häuser mit Centralheizungen.

5. Platzersparniss in den Klassenzimmern, weil entweder gar keine oder nur kleine Heizkörper vorhanden sind und weil in letzterem Falle diese in Nischen etc. aufgestellt werden können.

6. Gleichmässige Erwärmung der Räume, weil die Heizkörper an beliebiger Stelle des Zimmers, namentlich an Abkühlungsflächen (Aussenmauern, Fenstern), Aufstellung finden können.

7. Zumeist leichte Regulirbarkeit der Zimmerwärme auf jeden Temperaturgrad durch einfache Regulirungsvorrichtungen.

Gasheizung.

Die Gasheizung steht in der Mitte zwischen localer und centraler Heizung, indem sie einestheils für jedes Zimmer einen Ofen fordert, in welchem durch Verbrennung des Gases die Wärme erzeugt wird, und indem ihr anderentheils das Brennmaterial von einer Centralstelle zugeleitet wird.

Zur vollkommenen Verbrennung des Leuchtgases muss man ihm etwa das Fünffache seines Volumens an Luft zuführen. Je vollkom-

mener die Verbrennung ist, desto besser ist die Ausnutzung des Gases. Zur Erhöhung der Wärmeintensität der Gasflammen empfiehlt es sich, die Verbrennungsluft vor dem Eintritt in die Flamme vorzuwärmen. Für diesen Zweck kann man die Wärme der abziehenden Verbrennungsproducte benutzen, und man nennt diesen Vorgang Regeneration. Vermischt man das Gas vor seinem Austritt aus der Brenneröffnung mit Luft im Verhältniss von 1 : 1, so wird die Flamme nicht leuchtend. Indess ist die Wärmeentwickelung die gleiche, ob wir leuchtende oder nicht leuchtende Flammen nehmen.

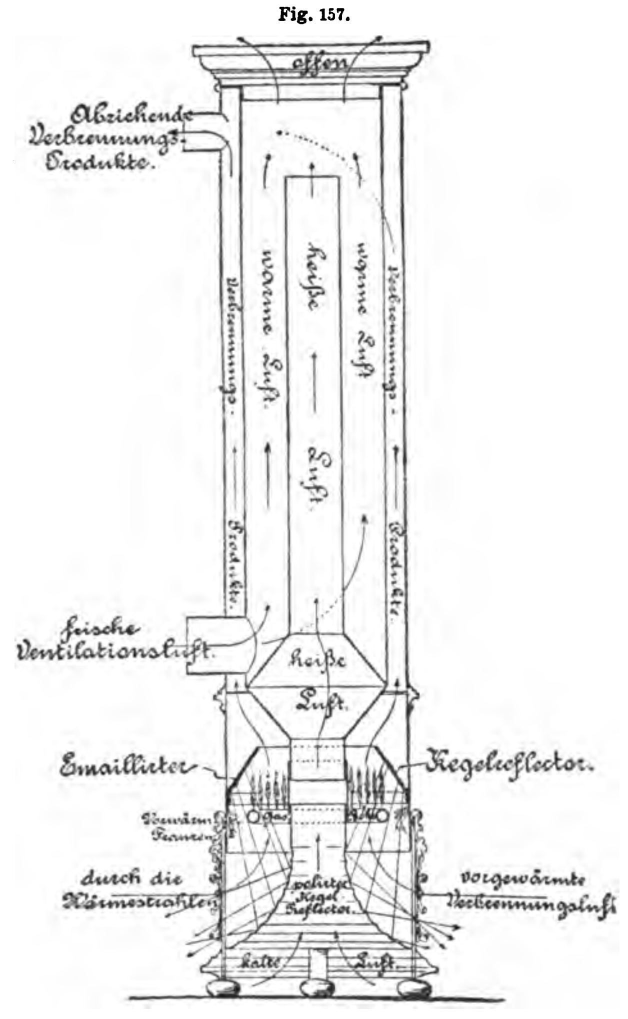
Bei der Verwendung des Gases zur Heizung kommt es vor Allem darauf an, möglichst viel von der producirten Wärme im Zimmer zu behalten. Nun senden die Flammen aber nur einen kleinen Theil ihrer Wärme durch Strahlung in das Zimmer, während die Verbrennungsproducte mit der durch den Feuerungsraum streichenden Zimmerluft durch den Ofen nach dem Schornstein gehen, dabei zwar vermittelst der Ofenwände einen ferneren Theil der erzeugten Wärme an das Zimmer abgebend, aber doch einen grossen Theil derselben zwecklos in die Atmosphäre führend.

Wenn auch Meidinger der Ansicht ist, dass bei der vollständigen Verbrennung des Gases das Ausströmen seiner Verbrennungsproducte (s. Leuchtgas bei dem Capitel: Beleuchtung, p. 281 ff.) aus dem Ofen in die Zimmer an sich als ebenso unbedenklich angesehen werden kann, wie das offene Brennen der Leuchtflammen, so wird man für die Schulheizung unbedingt an der Forderung festhalten, dass die Verbrennungsproducte vollständig abgeführt werden, damit keine Verunreinigung der Zimmerluft statthat.

Die von den frei brennenden Gasflammen ausgehende strahlende Wärme, deren Menge etwa 9—15 % der Gesammtproduction an Wärme beträgt, wirkt direct und unmittelbar und kann durch Reflectoren in einfachster Weise dahin gerichtet werden, wo die Erwärmung am angenehmsten und nothwendigsten ist. Die Construction der zur Heizung von Wohnzimmern vielfach angewendeten Reflectoröfen bezweckt fast ausschliesslich die Ausnutzung der strahlenden Wärme. Diese Oefen haben einen offenen Brennerraum und gleichen in ihrem Aeussern den alten Kaminen mit offenem Feuer. In dem Brennerraum befindet sich ein Reflector, durch den die strahlende Wärme die beabsichtigte Richtung erhält. Würde man für die Erwärmung des Zimmers nur die strahlende Wärme verwenden, so wäre die Ausnutzung des Gases nur sehr unvollkommen. Aus diesem Grunde bringt man oberhalb des Brennerraumes oder hinter demselben Röhren

oder Kästen an (Friedrich Siemens, Marksteiner Hütte, Schäffer & Walcker, Houben), die von den durchziehenden Abgasen erwärmt werden. Indem nun zwischen den Röhren und

Fig. 157.



Aachener Schul-Gasofen.

Kästen die Zimmerluft oder die frische Aussenluft hindurchströmt und sich erwärmt, wird die in den Abgasen enthaltene Wärme zum grössten Theile verwerthet.

Als Typus dieser Form kann der Aachener Schul-Gasofen (J. G. Houben Sohn Carl-Aachen) bezeichnet werden (Fig. 157).

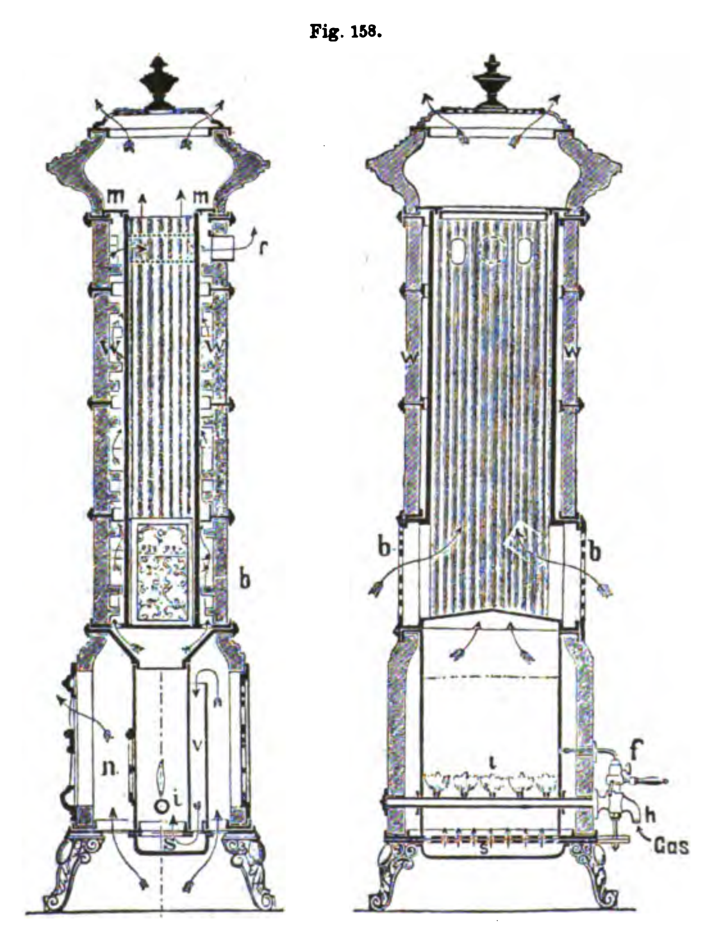
Die Gasflammen sind oben und seitlich mit einem Kegelreflector umgeben, wie auch unterhalb derselben gleichfalls ein anders geformter Kegelreflector steht; durch beide wird die strahlende Wärme rings um den Ofen auf den Fussboden und in die unteren Raumschichten gelenkt. Die bei diesem Reflector bestrahlte Fläche ist etwa viermal so gross wie diejenige der gewöhnlichen Reflector-Gasöfen mit einseitigem Reflector; die Intensität der ausgestrahlten Wärme ist demnach auch geringer gegenüber derjenigen letztgenannter Oefen, so dass also nur eine milde Wärme in das Zimmer geschickt wird. Nach Abgabe der strahlenden Wärme ziehen die heissen Verbrennungsproducte durch einen oberhalb der Reflectoren angeordneten Doppelcylinder, in welchem sie noch einen Theil ihrer Wärme zur Erwärmung der innerhalb des Ofens aufsteigenden Luft (Zimmerluft oder von aussen zugeführte Luft) abgeben, um dann durch den seitlichen Stutzen in den Schornstein abzuziehen. — Bei all diesen Oefen mit offenen Flammen ist die Möglichkeit vorhanden, dass bei ungünstiger Zugwirkung Leuchtgas oder Verbrennungsproducte desselben in das Zimmer treten, ferner haben diejenigen Plätze, die in der Nähe des Ofens in der Strahlrichtung liegen, unter starker Erwärmung zu leiden, so dass diese Oefen zur Schulheizung nicht unbedingt empfohlen werden können.

Andere Constructionen nützen vorzugsweise die Leitungswärme, weniger die unmittelbare Strahlung aus, so der Karlsruher und der Kaiserslauterner Gasofen.

Ersterer, von Meidinger construirt, besteht aus einem auf Füssen stehenden breiten, ringförmigen Raum, der unten ganz offen ist und nach oben in zwei nur wenig (höchstens 1 cm) von einander abstehende hohe Blechcylinder übergeht. Dieser Mantelraum mündet oben in einen erweiterten Raum, an den sich ein mit einem Knie verbundenes Rohrstück ansetzt. In dem Sockelraum brennen nahe neben einander stehende Leuchtflammen, die in einem Kranze angeordnet sind. Die Verbrennungsproducte steigen durch den engen Raum zwischen den Blechcylindern in die Höhe, geben dabei den grössten Theil ihrer Wärme ab und ziehen dann in den Kamin. Der innere Blechcylinder ist ziemlich weit und unten und oben offen; er unterstützt die Wärmeabgabe nach aussen, indem die Bodenluft unten in ihn eintritt und oben erwärmt ausströmt. Bei der Schulheizung wird man in den Cylinder die frische Aussenluft unten einströmen lassen. Bei dem Kaiserslauterner Gasofen (Fig. 158) strömt das Gas aus der Gasleitung durch den mit Anzündhähnchen f

versehenen Hahn h nach dem Brennrohr i. Die zur Verbrennung nöthige Luft wird durch den Vorwärmecanal v erwärmt der Verbrennungskammer zugeführt, mischt sich daselbst mit dem aus dem Rohr i ausströmenden Gase und bewirkt so eine vollständige Verbrennung. Die Abgase steigen in den beiden Kammern in die Höhe,

Fig. 158.



Gasofen des Eisenwerkes Kaiserslautern.

vereinigen sich oben und entweichen durch das Rauchrohr r nach dem Kamin. Die Kammern werden durch Wellbleche gebildet, welche nicht nur die Heizfläche vergrössern, sondern dem Ofen auch eine grössere Festigkeit geben. An der Verbrennungskammer befindet sich über dem Brennrohr eine Schauscheibe n, durch welche der Gang der Feuerung stets übersehen werden kann. Indem die

Verbrennungsproducte ihren Weg durch die Kammern nehmen, geben sie ihre Wärme theils unmittelbar an die Metallwände, theils an die eingeschalteten Wärmeaufspeicherer W ab. Nach dem Erlöschen der Gasflammen geschieht die Wärmeabgabe noch durch Strahlung der Körper W, und es erfolgt daher noch eine langsame, mild nachwirkende Weiterheizung. Die Luftzufuhr nach den Flammen wird durch den Schieber S regulirt. Der Verbrennungsraum ist nur so gross als nöthig, und die Heizkammern sind theilweise mit Wärmeaufspeicherern angefüllt, so dass der Raum zum Ansammeln von Gasen auf ein Minimum reducirt ist; ausserdem sind die Kammern mit lose aufliegenden Deckeln m abgedeckt. Durch alle diese Einrichtungen ist jede Gefahr einer Explosion beseitigt. Da die Heizflächen fast ausschliesslich senkrecht stehen und leicht zugänglich sind, so sind sie nicht nur leicht zu reinigen, sondern bieten auch wenig Flächen zur Staubablagerung.

Sowohl die strahlende als auch die leitende Wärme suchen die Haesecke'schen Gasöfen auszunutzen. Der Heizraum ist vorn durch Marienglasscheiben vollständig von dem Zimmerraum abgeschlossen und im Uebrigen mit reflectirenden Chamotteplatten umgeben, welche die Wärmestrahlen durch die Scheiben in das Zimmer werfen und zugleich verhindern, dass die die Gasflammen umgebenden Heizflächen nach aussen zu heiss werden. Durch ein System von Zellen, welche von den Abgasen durchzogen werden, sind grosse Heizflächen auf kleinem Raume geschaffen; hier erwärmt sich die Zimmerluft oder die frische Aussenluft, sobald ihr der Weg zwischen den Zellen hindurch geöffnet wird. Diese Oefen sind ferner so construirt, dass sie Fensterbrüstungshöhe haben, also unterhalb des Fensters zur Erwärmung der eindringenden Zugluft aufgestellt werden können; natürlich sind auch besondere Schulöfen hergestellt, die bei einer Tiefe von 0,20 m nur wenig von der Wand hervortreten und deren Höhe 1,5—2,0 m beträgt, je nach dem Grade der Abkühlung, den die Gase erreichen sollen, bevor sie durch das Abzugsrohr in das Freie geführt werden.

Ein besonderer Vortheil der Gasheizung ist, dass mit der Entzündung des Gases die Wärmewirkung alsbald sich bemerklich macht, dass sie in bestimmtem Grade hervorgerufen, jeden Augenblick gesteigert, ermässigt oder ganz eingestellt werden kann. Eine Wärmeaufspeicherung im Ofen findet nicht statt und ist auch nicht erforderlich; daher braucht stets nur so viel Wärme erzeugt und verbreitet zu werden, als zur Aufrechterhaltung des gewünschten

Wärmegrades nöthig ist. Jede Belästigung und Luftverunreinigung durch Rauchentwickelung fällt fort. Die Reinlichkeit des Gebäudes ist erhöht, da kein besonderes Brennmaterial herbeizuschaffen und keine Asche zu entfernen ist. Die Bedienung der Gasöfen ist überaus einfach; sie besteht nur in dem Anzünden und Ablöschen der Flammen. Die allgemeine Verwendung der Gasheizung wird aber behindert durch ihren Preis, der sich im Allgemeinen höher stellt als bei jeder anderen Heizungsart, durch die Schwierigkeit, die Verbrennungsproducte vollständig abzuleiten, und durch die Nachtheile, die für die Reinheit der Luft durch zu heisse Heizflächen entstehen.

Versucht man nach dieser Uebersicht der Methoden der Beheizung und der Heizanlagen über die Verwendbarkeit derselben für den einzelnen Fall ins Klare zu kommen, so bieten sich schon für die Entscheidung, ob Centralheizung oder Localheizung vorzuziehen sei, nicht geringe Schwierigkeiten. Noch vor nicht langer Zeit war es leicht, im Grossen die Entscheidung zu Gunsten der Centralheizungen zu treffen; nachdem indess die Technik in der Construction der Localöfen so ausserordentliche Fortschritte gemacht hat, ist es mehr und mehr fraglich, ob nicht insbesondere für kleinere Anstalten die Localheizung vorzuziehen sein wird; denn die Uebelstände in der Schwierigkeit der Bedienung und in der Unsauberkeit fallen jetzt nahezu fort, und die Mängel der entweder zu langsamen Durchwärmung der Schulräume (bei Kachelöfen) oder der Ueberhitzung derselben (bei eisernen Oefen) sind bei den combinirten Oefen und selbst bei den zuletzt construirten eisernen, zum Theil vortrefflichen Oefen als nahezu ausgeschlossen zu betrachten. Diese Oefen erzielen wegen guter Ausnutzung des Brennmaterials einen relativ billigen Heizbetrieb und sind unzweifelhaft auch in den Anlagekosten verhältnissmässig billiger als die Centralanlagen.

Was nun die Centralanlagen betrifft, so kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Wasserheizung und die Niederdruckdampfheizung in der Anlage zwar theurere, aber in der Leistung vortreffliche Centralheizungen sind; indess ist, wie schon oben ausgeführt, auch die Centralluftheizung von den ihr gemachten Vorwürfen frei zu sprechen, sobald nur die Anlage normal und die Bedienung verständig ist.

Nun ist es selbstverständlich, dass alle Heizsysteme, bei welchen gesonderte Einrichtungen zur Anwärmung der einzuführenden Ventilationsluft bestehen, bei welchen also Heizung und Lüftung von

einander getrennt sind, den Nachtheil haben, dass die Ventilation ausgeschaltet werden kann oder überhaupt nicht in Betrieb genommen wird (Beraneck); dies trifft für die Localheizung, Wasserheizung und Dampfheizung zu. Nur bei der Luftheizung (Feuer-, Wasserdampf-Luftheizung), falls sie nicht als Circulationsheizung gestaltet ist, sind Heizung und Lüftung so mit einander vereinigt, dass beim Betriebe der Heizung auch entsprechende Mengen reiner Luft vorgewärmt und dem Zimmer zugeführt werden. Da aber diese zwangsweise Verknüpfung von Heizung und Lüftung für das Aufheizen am Morgen unökonomisch ist, weil zu dieser Zeit ein grosser Theil der Wärme mit der erwärmten reinen Luft aus dem Zimmer unbenutzt abfliesst, da ferner gewisse schädliche Einflüsse äusserer Windpressungen oder ungünstiger Lage der zu beheizenden Räume bezw. Gebäude durch die Luftheizung nicht zu beseitigen sind, und da endlich mit dem Aufhören der Heizung während der wärmeren Jahreszeit auch die Lüftung des Zimmers aufhört, wenn nicht besondere Ventilationseinrichtungen vorhanden sind, alle diese Umstände lassen die Luftheizung zurücktreten hinter solche Systeme, bei denen die Heizung ganz unabhängig von der Lüftung in Thätigkeit tritt.

In der Natur der Sache liegt es, dass man Luftheizungen am besten da wird zur Anwendung bringen können, wo man die Luft nicht weit in horizontaler Entfernung wird führen wollen, also in nicht zu grossen Häusern. Die weitere Fortleitung in horizontaler Richtung wird immer die Verwendung mehrerer Calorifere erheischen und auch diese Anlage vertheuern. Demgegenüber sind für sehr grosse Anstalten, welche eine erhebliche Fortleitung der Wärme in horizontaler Richtung nothwendig machen, die an sich ja in der Anlage theuren Dampfheizanlagen am Platze; dieselben werden durch die Centralisirung der Anlagen schliesslich im Betrieb nicht theurer als die anderen Heizmethoden und leisten insbesondere als Niederdruck-Dampfheizung und in der Combination mit der Wasserheizung Vortreffliches.

Was nun endlich die einzelnen Methoden der Wasserheizung betrifft, so sind die Warmwasser-Niederdruck- und -Mitteldruckheizungen für Schulen den Heisswasserheizungen unbedingt vorzuziehen, weil sie eine beträchtlich grössere Wärmereservation und eine gleichmässige Abgabe milder Wärme gestatten, im Gegensatze zur Heisswasserheizung gänzlich gefahrlos sind und auch die strahlende Hitze vermeiden.

Die Warmwasserheizung sowohl wie die Niederdruck-Dampf-

heizung stehen in ihrer technischen Ausbildung auf gleichwerthiger Höhe; in hygienischer Hinsicht dürfte die Wahl zwischen beiden Systemen davon abhängig sein, ob man die Forderung stellt, die Erwärmungstemperatur des Heizmittels möglichst niedrig und in grösseren Grenzen variabel zu halten (bei Warmwasserheizung in den Grenzen von 40—90° C.), oder ob eine solche Temperatur von 100—105° C. des Heizmittels im Heizkörper zulässig erscheint (Niederdruck-Dampfheizung).

Da jedoch die einen Niederdruck-Dampfheizkörper umspülende Zimmerluft bei richtiger Bemessung der Umlauföffnungen nicht mehr als 40—50° C. beträgt, eine Temperatur, bei welcher die Luft keine unerwünschten Veränderungen erleidet, so treten die Niederdruck-Dampfheizungen mit ganz niederen Spannungen (0,05—0,10 Atmosphären Ueberdruck) aus anderen Gründen in den Vordergrund.

Es ist nicht zu verkennen, dass die Warmwasserheizung eine etwas schwerfälligere Heizungsart darstellt, die zwar den Vortheil der nachhaltigen Wärmeaufspeicherung bietet — ein Vortheil, der bei Schulen indessen nicht in dem Maasse in das Gewicht fällt wie bei „Wohngebäuden“ —, dagegen aber das rasche Aufheizen der Räume am Morgen nicht energisch genug betreibt.

Die Niederdruck-Dampfheizung besitzt im Niederdruckdampf ein Heizungsmittel, das eine rasche und lebendige Wärmewirkung entwickelt und daher für das Aufheizen grösserer Räume besonders geeignet ist.

Zu dem kommt, dass mit der Niederdruck-Dampfheizung sich jede Art der Lufterwärmung, sei es örtlich an den einzelnen Heizkörpern, sei es an einer Centralstelle (Heizkammer), in leichter und zweckmässiger Weise verbinden lässt, dabei doch die anzustrebende Unabhängigkeit der Heizung und Lüftung von einander gewährend.

Die Warmwasserheizung behauptet in den Schulen Berlins allerdings fast ausschliesslich das Feld, wohl hauptsächlich aus dem Grunde, weil sich dieselbe in älteren Schulen gut bewährt hat und der Einheitlichkeit des Systems in den sehr vielen Schulgebäuden grosser Werth beigemessen wird; viele andere Städte Deutschlands haben aber die Niederdruck-Dampfheizung für ihre Schulen angenommen.

Untersuchung der Heizluft.

Bei der so grossen Beliebtheit der Luftheizsysteme und ihrer von Tag zu Tag wachsenden Einführung zu Zwecken der Heizung von Schulräumen erscheint es nicht überflüssig, anzugeben, auf welche Momente sich die Untersuchung der Heizluft zu beziehen hat, sowie die Art der Untersuchung zu skizziren. Hierbei wird es sich besonders handeln: 1. um die Anwesenheit von Staub (Kalkputz etc.) und Russ (Kohle, halbverkohlte Holztheilchen etc.); 2. die Anwesenheit sog. brenzlicher Stoffe; 3. die Anwesenheit von Kohlenoxyd. Man saugt zu diesem Behufe die Heizluft direct aus den Heizcanälen mittelst eines Aspirators in einer Menge von mindestens 60 l an und lässt sie auf dem Wege zum Aspirator zuerst eine oder mehrere mit reiner (vorher mit Aether und Alkohol behandelter) Watte lose gefüllte Chlorcalciumröhren, dann einen mit absolutem, farblosem Alkohol beschickten Kugelapparat, hierauf eine Waschflasche und schliesslich einen Palladiumchlorür-Apparat passiren. Mechanisch mitgerissener Staub etc. bleibt in dem Watterohr, theilweise erst im Alkohol zurück und wird theils durch Ausklopfen, theils durch Behandeln mit Aether-Alkohol isolirt und näher untersucht. Brenzliche Stoffe werden dem Alkohol eine gelbliche Farbe und empyreumatischen Geruch verleihen. Beim Abdampfen des Alkohols bei nicht zu hoher Temperatur bleibt dann ein rauchig riechender, unangenehm kratzend schmeckender Rückstand. Kohlenoxyd endlich wird, wie p. 373 angegeben, erkannt.

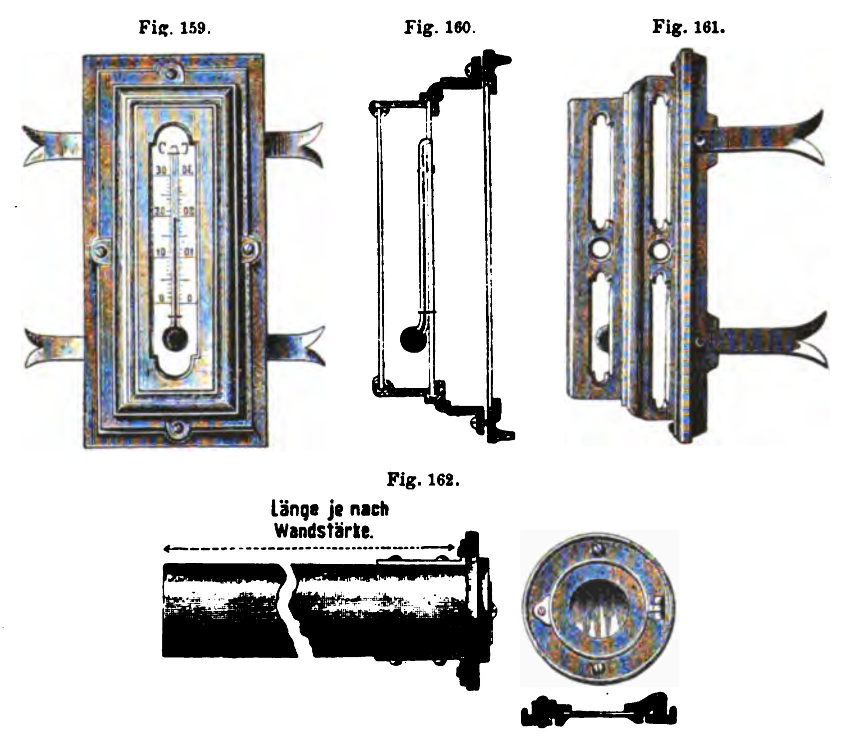
Controle der Zimmertemperatur.

Um zu beurtheilen, ob die jeweilige Temperatur im Schulzimmer eine genügende ist, darf man sich nicht auf das subjective Empfinden des Lehrers oder der Schüler verlassen; es müssen vielmehr Vorrichtungen geschaffen, d. h. Thermometer angebracht werden, die, unabhängig von dem schwankenden Wärmebedürfniss der Zimmerinsassen, den jeweiligen Wärmegrad des Raumes angeben, um so zu erkennen, ob die augenblickliche Zimmertemperatur den von der Hygiene festgestellten Forderungen entspricht.

In jedem Schulraum, in welchem sich Kinder nicht bloss vorübergehend aufhalten, muss ein Thermometer vorhanden sein, und zwar an einer Stelle, deren Temperatur als die mittlere des Zimmers an-

zusehen ist. Das Thermometer, etwa 1,5 m über dem Fussboden aufgehängt, darf daher nicht in zu grosser Nähe von Fenstern und Thüren angebracht sein; ebenso muss es vermieden werden, dass dasselbe der strahlenden Wärme der Heizkörper bezw. dem warmen oder kalten Luftstrome ausgesetzt ist.

Für Schulen, in denen die Heizung einer besonderen Person übertragen ist, ist es erforderlich, dass jede Klasse mit einem vom



Wandthermometer von G. A. Schultze.

Corridor aus abzulesenden Thermometer, einem sog. Wandthermometer, versehen wird, so dass der Heizer auch während des Unterrichts die Temperatur des Zimmers controliren kann, ohne dass ein Betreten des letzteren nothwendig ist. In Berliner Schulen sind die Wandthermometer von G. A. Schultze (Berlin SW.) vielfach gebraucht, die aus einem eisernen Gehäuse, einem Thermometer und einem Schaurohr bestehen. Fig. 159, 160, 161 zeigen das durchbrochene gusseiserne Gehäuse in Vorderansicht, Querschnitt und Seitenansicht. In demselben fest gelagert befindet sich das Thermometer sowie nach vorn und hinten zwei angekittete Glasscheiben, von denen die

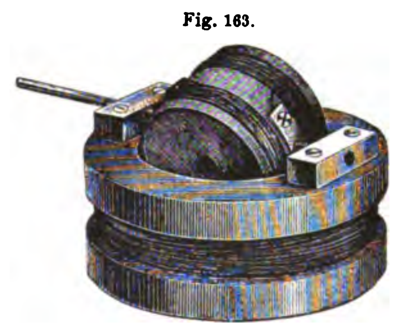
erstere das Gehäuse nach dem Raum und die letztere dasselbe nach dem Schaurohr hin abschliesst, so dass die in letzterem befindliche kühlere Luft keinen Einfluss auf die Angaben des Thermometers ausüben kann. Fig. 162 zeigt das Schaurohr mit dem daran festgenieteten runden Verschlussrahmen, in welehem sich ebenfalls eine eingekittete Verschlussscheibe in drehbarer Eisenzarge befindet. Letztere ist gegen das Eindringen der kälteren Luft der Corridorräume mit Gummiring versehen. Das Thermometer hat matt geschliffene Glasplatte, eingebrannte, von aussen und innen ablesbare Doppelscala und eine prismatische Capillarröhre, wodurch der Quecksilberfaden breiter erscheint.

Die Anlage von Centralheizungen in ausgedehnten Gebäuden erfordert eine Vorrichtung, welche die Controle der Temperatur in den einzelnen Räumen vom Heizerstande aus ermöglicht. Ohne solche ist der Heizer gezwungen, behufs Feststellung der Temperaturgrade zeitraubende Rundgänge durch das ganze Gebäude zu unternehmen, was aber im Interesse des ungestörten Betriebes der Heizung vermieden werden sollte. Für diese centralisirte Temperaturbestimmung begnügte man sich im Allgemeinen damit, den Eintritt gewisser Höchst- oder Mindesttemperaturen zu übermitteln, und bediente sich dazu bekanntlich besonderer Thermometer, in deren Quecksilberröhre an den betreffenden Graden Drahtenden einer elektrischen Leitung eingeschmolzen sind. Die Berührung derselben durch den steigenden oder fallenden Quecksilberfaden stellt einen Leitungsschluss her, welcher in der Controlkammer oder an dem Heizerstande ein Läutewerk in Thätigkeit setzt. Wenn auch diese Wärmemesser, zu denen der für Schulen geeignete Thermotelegraph von Recknagel gehört, im Ganzen sicher arbeiten und für die meisten Fälle, in denen grössere Temperaturschwankungen an sich ausgeschlossen sind, wohl genügen, so haftet ihnen doch naturgemäss die Unvollkommenheit an, dass man die zu beliebiger Zeit herrschende Temperatur nicht abzulesen im Stande ist und vor Allem sich nicht zu überzeugen vermag, in welchem Maasse diese Grenztemperaturen nach oben oder nach unten überschritten werden. Einigermassen kann dieser Unvollkommenheit dadurch abgeholfen werden, dass man die Zahl der Marken vermehrt und so engere Zwischenräume herstellt, womit allerdings gleichzeitig die Anordnung der elektrischen Leitungen vermehrt wird (Boettger).

Um die Ermittelung der augenblicklichen Temperatur eines entfernten Raumes mit Genauigkeit zu ermöglichen, ist der Fernmess-

inductor von Moennich (Fabr. G. A. Schultze, Berlin SW.) geeignet. Dieser Apparat beruht auf dem Princip folgender physikalischen Erscheinung: Der elektrische Strom, welcher durch eine mit isolirten Drähten umwickelte Spule geht, erzeugt in einer innerhalb derselben angeordneten zweiten Spule Inductionsströme, deren Stärke im Verhältniss zu der Grösse des von beiden Spulen eingeschlossenen Winkels steht. Die äussere, grössere dieser Spulen hat man sich dabei feststehend, die innere, kleinere um eine Axe drehbar zu denken. Fig. 163 zeigt die in natürlicher Grösse dargestellte Anordnung eines Rollenpaares. Denkt man sich nun in einem Klassenzimmer und in der Controlkammer je ein solches Rollenpaar auf-

Fig. 163.



Inductor von Moennich.



Fig. 164.

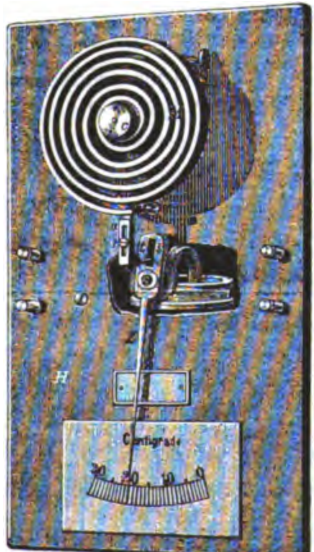


Fig. 165.



Apparat in der Aufgabestation. Apparat in der Controlkammer.

Fernmessinductor nach Moennich.

gestellt, von denen die grösseren Rollen durch eine isolirte Leitung verbunden sind, so wird ein durch diese Leitung geschickter intermittirender Strom in den kleinen, auch durch eine Leitung ver-

bundenen Rollen Inductionsströme erzeugen, deren Stärke genau im Verhältniss zu dem jeweiligen Neigungswinkel der Rollenpaare steht. Während bei verschiedenen Neigungswinkeln der Rollenpaare ein verhältnissmässig stärkerer oder schwächerer Strom sich bemerkbar macht, verschwindet der Strom gänzlich, sobald beide Rollenpaare gleiche Neigungswinkel einschliessen. An der Stelle, wo die Temperatur gemessen werden soll, der Aufgabestation, steht der in Fig. 164 dargestellte Apparat. Er bewirkt die Drehung der kleinen Rolle selbstthätig durch eine Metallthermometerspirale M, welche den Zeiger Z über der Gradeintheilung hin und her bewegt und gleichzeitig auch die fest mit der Zeigerachse verbundene Inductionsrolle dreht. Der Controlapparat, Fig. 165, besteht aus einem gleichen Rollenpaare, an dessen Inductionsrolle der mittelst des Knopfes k drehbare Zeiger befestigt ist. Bringt man jetzt diesen Zeiger durch allmähliches Hin- und Herschieben in dieselbe relative Lage wie den Zeiger am Aufgabeapparat, so wird die Leitung stromlos, was eintritt, wenn die kleinen Rollen den gleichen Neigungswinkel haben. Den Eintritt dieses Zustandes erkennt man durch ein an der Controlstation vorgesehenes Telephon, in welchem man selbst bei ganz geringen Unterschieden der Inductionsströme ein deutlich wahrnehmbares rasselndes Geräusch hört, welches bei genauer Einstellung des Zeigers in der Controlstation schwächer wird und vollkommen verstummt, sobald die beiden Rollenpaare gleiche Stellung einnehmen. Mit einer Controlstation können mehrere Aufgabestationen verbunden werden.

J. Luftverbesserung in Schulen.

In dem Bestreben der Schule, normale und gesundheitsgemässe Luftverhältnisse zu erhalten, wird man ebenso darauf bedacht sein müssen, directe luftverderbende Einflüsse zu beseitigen beziehungsweise, soweit dies mit den Interessen der Schulen vereinbar ist, davon fernzuhalten, wie man für die Zuführung frischer reiner Luft wird Sorge zu tragen haben.

In der Erfüllung der ersten Aufgabe haben wir nach dem Voraufgegangenen auf folgende Dinge zu achten:

1. Was die Umgebung des Schulhauses betrifft, so darf wohl auf die p. 65 gegebenen Anweisungen der Verbesserung des Baugrundes verwiesen werden. Von Zersetzungsproducten kann man den Schul-

boden durch weit ausgedehnte Reinlichkeit frei halten, und hier bedarf es neben dem guten Willen nur der sorgfältigen Ueberwachung. Schwieriger ist es, den Boden malariafrei zu machen, wenn Malaria in der Gegend herrscht. Es kann hier nur systematische Trockenlegung des Bodens und geeignete Bodencultur helfen. Inwieweit Anpflanzungen insbesondere mittelst rasch wachsender Baum- und Krautgewächse (Helianthus, Paulownia und in südlichen Gegenden Eucalyptus) zweckdienlich sind, sei anheimgegeben. Man darf nur nicht übersehen, dass die Gewächse nicht zu nahe an das Schulhaus gebracht werden dürfen, um demselben nicht das Licht zu beschränken.

2. Ueble Gase ausströmende, mit Excrementen gefüllte Senkgruben dürfen weder in der Nähe der Schule, noch gar im Schulgebäude geduldet werden. Am besten ist die sofortige Entfernung der Excremente durch Schwemmcanäle oder, wo dies nicht angeht, die Einrichtung einer geruchlos ausgeführten Abfuhr. Wir werden darauf noch bei der Besprechung der Abtrittsanlagen von Schulen zurückzukommen haben.

3. Der Spielplatz und der Schulhof bei dem Schulgebäude müssen zur Sommerzeit gesprengt werden, um Staubaufwirbelungen zu vermeiden; auch darauf werden wir nochmals zurückzukommen haben.

4. Die Mauern des Schulgebäudes müssen trocken sein; vor vollständiger Austrocknung der Wände darf ein neues Schulgebäude nicht bezogen werden (s. darüber p. 194).

5. In dem Schulgebäude muss die Heizungsanlage gut und nach allen Regeln der Technik ausgeführt sein, so dass ein Rückstauen von Verbrennungsproducten unmöglich wird.

6. Im Schulhause selbst muss die grösste Reinlichkeit herrschen; die Treppen und Corridore müssen derart eingerichtet sein, dass die Kinder die Möglichkeit haben, ihr Schuhwerk von anhängendem Staub und Schmutz zu reinigen. Flure, Treppen und Schulzimmer müssen häufig nass aufgewischt werden.

7. In der Schule darf nur ausnahmsweise künstliches Licht gebraucht werden.

8. Kleidungsstücke, welche die Kinder nicht an sich behalten, wie Paletots, Mützen, Schirme, müssen ausserhalb des Schulzimmers aufbewahrt werden.

9. Die Schulkinder müssen zur grössten Reinlichkeit angehalten werden; sie müssen schmutzfrei, in reinlichen Kleidern, mit reinlicher

Wäsche und rein gewaschenem Gesicht und ebensolchen Händen zur Schule kommen; insbesondere ist darauf zu achten, dass die Kinder frei sind von allen denjenigen staubigen Bestandtheilen, welche aus dem Vaterhause etwa in Folge der elterlichen Berufsthätigkeit den Kleidern anhängen. Die Lehrer haben mit aller Strenge hierauf zu achten und solche Kinder, welche an ihren Kleidern die Berufsthätigkeit der Eltern erkennen lassen, zur Reinigung der Kleider zu veranlassen.

10. Die Schulkinder müssen ausserhalb der eigentlichen Unterrichtszeit die Schulzimmer verlassen; so ist zu verhüten, dass nicht durch Unruhe und Balgen Staub aufgewirbelt wird, auch ist so die Möglichkeit gewährt, in den Zwischenpausen die Fenster zu öffnen.

Dies sind die prophylaktischen Maassregeln für die Luftverbesserung. Würden wir allen Mitteln der Luftverschlechterung durch geeignete Maassregeln aus dem Wege gehen können, wir könnten die Arbeit, der Schule frische Luft zu beschaffen, gänzlich sparen; indess ist dies nicht möglich, da wir wissen, dass die Anwesenheit von Menschen in irgend einem als mehr oder weniger geschlossen zu betrachtenden Raume an und für sich dazu beiträgt, die Luft zu verschlechtern. Wo also Schulkinder und Lehrer vorhanden sind, da ist auch die Quelle der Luftverschlechterung gegeben. Wollen wir hier helfen, so bedürfen wir eines positiven Heilmittels, und zwar der Beschaffung frischer, normal zusammengesetzter Luft nach Verdrängung der verdorbenen.

Lüftung (Ventilation).

Durch die Lüftung soll frische, normal zusammengesetzte Luft an die Stelle der verdorbenen gesetzt, also die Luftverderbniss beseitigt werden. Das Ventilationsbedürfniss, d. h. die in der Zeiteinheit einem Raume zuzuführende Menge frischer Luft, ist abhängig von der Beschaffenheit und Verwendungsweise des Raumes zu einem bestimmten Zwecke und von dem Grade der darin herrschenden Luftverschlechterung. Eine Fabrik, ein Theater, ein Krankenhaus werden allerdings andere Aufgaben an geeignete Lüftungsmethoden stellen als die Schule, im Allgemeinen werden sie indess allesammt darin übereinkommen, für dieselbe Art und denselben Grad der Luftverschlechterung die Zuführung der gleichen Menge frischer, atmosphärischer Luft zu beanspruchen, vorausgesetzt natürlich, dass auch

der Zweck derselbe bleibt, nämlich athmenden Menschen zum Aufenthalt zu dienen. Ausser der Erfüllung der Aufgabe, eine den Zwecken des Zimmers entsprechende Menge frischer Luft herbeizuschaffen und die verbrauchte Luft fortzuleiten, sind noch folgende Forderungen an die Ventilationseinrichtungen zu stellen: Die Luft muss an allen Stellen des Zimmers ausreichend erneuert werden, so dass keine sog. todten Ecken oder Schichten im Raume entstehen. Die Lufterneuerung soll sich ohne Belästigung der Zimmerinsassen vollziehen und muss möglichst unabhängig von der Bedienung sein. Andererseits aber darf von der Lüftung nicht mehr verlangt werden, als sie zu leisten vermag. Der Luftwechsel hat sich nur gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft zu richten; wir dürfen nicht hoffen, die Beseitigung von etwa vorhandenen staubigen Bestandtheilen, körperlichen Infectionserregern u. a. m. durch die Hilfe des Luftwechsels zu erreichen; dies kann nur durch peinlichste Sauberkeit erreicht werden. Es werden überhaupt alle Ventilationseinrichtungen nur dann ihre Aufgabe vollkommen erfüllen, wenn sie durch eine strenge Handhabung der Reinlichkeit unterstützt werden.

Lüftungsbedürfniss für Schulen.

Wenn in einem Zimmer die Luft einen höheren Kohlensäuregehalt hat als die Atmosphäre und wenn die Absicht vorhanden ist, die Zimmerluft der atmosphärischen möglichst gleich zu machen, so darf man sich nicht vorstellen, dass dies geschieht, indem die unreinere Luft durch die hinzutretende reine ohne Weiteres hinweggeschoben wird; die Verbesserung geschieht vielmehr durch allmähliche Mischung beider Luftarten. Es genügt also nicht, wenn wir 1000 Theile einer verdorbenen Luft fortschaffen wollen, nun 1000 Theile einer normal zusammengesetzten hinzuzuthun, wie es ebensowenig genügen würde, einer gefärbten Flüssigkeit, welche aus einem mit Zu- und Abflussrohr versehenen Gefässe ausströmt, die gleiche Menge farbloser Flüssigkeit zufliessen zu lassen, um das Gemenge farblos zu machen; man muss vielmehr den Inhalt des Gefässes vielfach durch die farblose Flüssigkeit ersetzen, bevor aus dem Ausflussrohre farbloses Wasser ausfliesst (Varrentrapp).

v. Pettenkofer legte der Berechnung des Lüftungsbedarfes 0,7 p. m. Kohlensäure, den Grenzwerth für brauchbare Luft, zu Grunde, und indem er den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre zu 0,5 p. m. annahm, ergab sich von selbst, dass eine Zunahme der

Zimmerluft von nur 0,2 p. m. Kohlensäure statthaft war, wenn dieselbe normale Beschaffenheit behalten sollte.

Mit Rücksicht darauf, dass die Ausathmungsluft 44 p. m. Kohlensäure hat, würde also das jedem Volumen derselben zuzuführende Quantum atmosphärischer Luft $\frac{44}{0,2} = 220$ Volumina, d. h. das 220-fache betragen. Unter der Voraussetzung, dass ein Mensch pro Stunde 300 l Luft ausathmet, ergiebt sich 220×300 l $= 66\,000$ l $= 66$ cbm frischer Luft pro Kopf und Stunde als das nothwendige Maass der Luftzuführung. Wenn man einen Kohlensäuregehalt von 1 p. m. als zulässig gelten lässt, so würde die Zunahme der Zimmerluft an Kohlensäure 0,5 p. m. betragen können. Das jedem Volumen derselben zuzuführende Quantum atmosphärischer Luft würde demnach $\frac{44}{0,5} = 88$ Volumina, d. h. das 88fache sein. Es ergiebt sich ein Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde von 88×300 l $= 26400$ l $= 26,4$ cbm. Roth und Lex kommen bei einem Grenzwerth von 0,7 p. m. sogar zu 113 cbm, bei einem Grenzwerth von 1 p. m. zu 45,2 cbm; Schultze und Märker ebenso; Wolffhügel[1]) zu 113,8 cbm. Dagegen stellt Morin nur 25—30 cbm für Erwachsene und 12—15 cbm für Kinder, Wolpert 20—40 cbm bezw. 10—20 cbm als Lüftungsbedarf pro Kopf und Stunde auf. Nach Schottky, welcher den Grenzwerth von 2 p. m. noch als zulässig gelten lassen will, würde der Lüftungsbedarf sogar bis auf 8 cbm pro Kopf und Stunde zurückgehen. Beraneck nimmt noch eine geringere Lufterneuerung pro Kopf und Stunde an und meint genug gethan zu haben, wenn die Luft dem Geruchssinn als ausreichend rein erscheint.

Wenn man sich nun aber an die Ergebnisse der Kohlensäureuntersuchungen in Schulzimmern hält, so tritt der Gegensatz zwischen Forderung und Erfüllung, also zwischen Theorie und Praxis klar zu Tage. Nur in Ausnahmefällen hat man in Schulzimmern den Kohlensäuregehalt unterhalb der geforderten Höchstgrenze von 0,7—1 p. m. halten können. Weil eine bessere Luftbeschaffenheit mit den bisherigen Lüftungseinrichtungen bei dichter Besetzung der Schulzimmer nicht zu erreichen ist, so erachtet Rietschel eine Erhöhung des Kohlensäuregehaltes von 1,0 auf 1,5 p. m. noch als zulässig, ein Zugeständniss, welchem Wolffhügel allerdings nicht zustimmen will. Letzterer ist vielmehr der Meinung, dass in dem

[1]) s. Wolffhügel, Prüfung von Ventilationsapparaten, p. 15.



Falle, wo trotz vollkommener Anlage und richtigem Betriebe der Lüftungseinrichtungen nicht der erforderliche Luftbedarf zu beschaffen ist, die Grenze des zulässigen Kohlensäuregehaltes nach oben nicht verschoben werden dürfe, sondern der Uebelstand durch eine geringere Besetzung des Raumes mit Schülern zu beseitigen sei. Mit Rücksicht auf die oben erwähnten grossen Zahlen von Lex und Roth u. s. w. ist von Hause aus der Grundsatz festzuhalten, dass das Luftbedürfniss für Schulen, in welchen sich doch nur gesunde Kinder aufhalten, ein anderes und zwar geringeres sein muss als für Krankenhäuser, in welchen die Exhalationen von Kranken, die unvermeidliche Luftverderbniss durch Wundsecrete und Dejectionen zur Geltung kommen.

Rietschel[1]) stellt folgende Formel für die Berechnung des stündlichen Luftwechsels auf:

$$L = \frac{k}{q - a}.$$

Es bedeutet

L den stündlichen Luftwechsel für die Person in cbm,

k die Kohlensäureentwickelung eines Menschen in der Stunde in cbm (welche beträgt

für einen erwachsenen Menschen = 0,0186
" " Knaben von 16 Jahren = 0,0174
" " " " 10 " = 0,0103),

q die zulässige Menge Kohlensäure in 1 cbm Luft (also 1 p. m.),

a die Kohlensäuremenge in 1 cbm der eingeführten Luft (also 0,4 p. m.).

Es würde sich danach berechnen der stündliche Luftwechsel

für einen erwachsenen Menschen $= \frac{0,0186}{0,001-0,0004} = 31$ cbm,

" " Knaben von 16 Jahren $= \frac{0,0174}{0,001-0,0004} = 29$ cbm,

" " " " 10 " $= \frac{0,0103}{0,001-0,0004} = 17,1$ cbm[2]).

In obiger Formel ist angenommen, dass auch bei Beginn der Unterrichtsstunde der Kohlensäuregehalt 1 p. m. beträgt, dass die eintretende Luft sich sofort mit der von den Schülern ausgeathmeten

---

[1]) A. a. O. p. 33.

[2]) Rietschel giebt in seinem „Leitfaden" p. 13 folgende Zahlen: Für Kinder im Alter bis zu 10 Jahren geringster stündlicher Luftwechsel 10 cbm, grösster 17 cbm, für Kinder über 10 Jahren 16 bezw. 28 cbm.

Kohlensäure mischt und dass die eintretende und die abgeleitete Luft gleiche Temperatur und zwar 0° haben; auch ist das Volumen der von den Schülern stammenden Kohlensäure unberücksichtigt gelassen. Es lässt sich nun leicht berechnen, wie oft pro Stunde für jeden Schüler die Luft erneuert werden muss, um sein normales Luftbedürfniss zu decken. Braucht z. B. der 16jährige Schüler pro Stunde 29 cbm Luftzufuhr und kommen auf ihn im Raume nur 2,5 cbm, so muss der stündliche Luftwechsel 29 cbm : 2,5 = das 11,6fache des auf den Schüler entfallenden Rauminhaltes der Klasse sein. Bei einem 10jährigen Schüler würde unter den gleichen Bedingungen der Luftwechsel pro Stunde 17,1 cbm : 2,5 = das 6,84-fache sein.

Es ergiebt sich aus diesen Berechnungen folgende von Rietschel mitgetheilte Tabelle:

Rauminhalt der Klasse pro Schüler cbm	Stündlicher Luftwechsel	
	bei 29 cbm für einen Schüler von 16 Jahren	bei 17,1 cbm für einen Schüler von 10 Jahren
2,5	11,60fache d. Rauminhalts d. Klasse	6,84fache d. Rauminhalts d. Klasse
3,0	9,67 " " " " "	5,70 " " " " "
3,5	8,30 " " " " "	4,88 " " " " "
4,0	7,25 " " " " "	4,27 " " " " "
5,0	5,80 " " " " "	3,42 " " " " "
6,0	4,83 " " " " "	2,85 " " " " "

Es ist aber unter den günstigsten Bedingungen nur ein Luftwechsel bis zum fünffachen Rauminhalt der Klasse möglich, da bei höheren Ansprüchen sich Belästigungen der Schüler durch Zugwirkungen bemerkbar machen würden; es würde also in der Mehrzahl der in obiger Tabelle berechneten Fälle nicht auszuführen sein, die erforderliche Menge frischer Luft in das Zimmer zu schaffen. Nun ist aber zu bedenken, dass die Klassenluft zu Beginn des Unterrichts nicht, wie angenommen, 1 p. m., sondern nur 0,5 p. m. Kohlensäure enthält, und dass durch das Oeffnen der Thüren, namentlich durch ihr Offenstehenlassen während der Pausen, und dadurch, dass die Schüler zwischen den Unterrichtsstunden die Klassenzimmer verlassen, die Kohlensäuresteigerung in den Zimmern beschränkt wird, so dass es möglich ist, durch einen ohne Belästigungen wirkenden Luftwechsel die erforderliche Luftmenge dem Zimmer zuzuführen und den Kohlensäuregehalt in zuträglichen Grenzen zu halten. Wie schon aus obiger Tabelle hervorgeht, kann der stündliche Luftwechsel

in dem Grade verringert werden, als der Rauminhalt der Klasse oder der Raum pro Kopf grösser wird. Rietschel[1]) giebt für diesen Zweck eine Reihe von Tabellen, die unter Berücksichtigung jener luftverbessernden Momente für jeden Fall klaren Aufschluss über die Anforderungen geben, welche an die Beschaffenheit der Klassenluft bei gegebener Grösse und Besetzung eines Klassenraumes gestellt werden können und welche gestatten, unter Zugrundelegung eines noch als statthaft angenommenen Kohlensäuregehaltes für eine bestimmte Schüleranzahl die Klassengrösse und den Luftwechsel zu wählen. Freilich ist alles dies in der Praxis nicht immer gleichmässig verwerthbar; denn das Lüftungsbedürfniss wird auch für Schulen nicht immer das gleiche sein, da schon bei dem Gesangunterricht andere Zahlen in Frage kommen als bei anderem Unterricht, und noch mehr ist dies der Fall beim Turnunterricht, weil sowohl durch den Gesang, als auch durch die körperliche Bewegung die Kohlensäureexhalation gesteigert wird (Breiting u. A.).

Die Grösse des Luftwechsels wird gleichfalls etwas grösser sein während der Anwendung künstlicher Beleuchtung, wenngleich der Einfluss derselben auf die Verschlechterung der Luft nicht so hoch anzuschlagen ist, wie man, leichthin betrachtet, annehmen könnte. Nach Erismann[2]) soll zwar die in der Luft vorhandene Kohlensäuremenge bei den verschiedenen Arten der künstlichen Beleuchtung nicht als Maassstab der Verunreinigung der Luft durch die Producte der unvollständigen Verbrennung angesehen werden; vielmehr ist er der Meinung, dass im Allgemeinen in hinlänglich ventilirten Räumen durch die künstliche Beleuchtung die Luft nicht in gesundheitsschädlichem Grade verunreinigt wird, wenn nur die Beleuchtungsmaterialien selbst vor ihrer Anwendung auf den möglichsten Grad von Reinheit gebracht worden sind. Dieser Meinung, dass der gesteigerte Kohlensäuregehalt an sich, wenn er aus gleichsam reiner Quelle stammt, nicht so schädlich sei, wie wenn er der Athmungsluft zugehört, ist auch Wolffhügel und mit ihm wohl die meisten modernen Hygieniker; indessen sollen doch die Ventilationseinrichtungen in ihrer Leistungsfähigkeit so ergiebig vorgesehen werden, dass sie im Stande sind, auch die von dem künstlichen Lichte gebildeten Kohlensäuremengen abzuführen.

Fasst man zusammen, so wird man im Allgemeinen unter normalen Verhältnissen, d. h. beim Ausschluss solcher Vorgänge im

[1]) A. a. O. p. 41.
[2]) Zeitschr. f. Biologie, 1876, p. 333.

Schulzimmer, welche starke Kohlensäureexhalationen veranlassen, und bei Nichtbenutzung künstlicher Beleuchtung einen Luftbedarf von 25 cbm pro Stunde und Schüler als genügend ansehen können, über welches Maass hinauszugehen nur bei erwachsenen Schülern, z. B. bei Gymnasiasten der obersten Klassen, nothwendig wird, während dieser Bedarf bei den kleinsten Schülern sich vielleicht auf 15 cbm ermässigen kann.

Der Ventilation fällt neben der Aufgabe, die Herabsetzung des Kohlensäuregehaltes auf das zuträgliche Maass zu bewirken, noch die andere zu, den richtigen Feuchtigkeitsgehalt der Athmungsluft herzustellen.

In nicht seltenen Fällen wird die Luft, welche wir aus dem Freien holen, um sie zur Lüftung der Zimmer zu verwenden, selbst wenn sie draussen eine ausreichende Menge von Feuchtigkeit besitzt, doch im Zimmer, nachdem sie eine höhere Temperatur angenommen hat, zu trocken erscheinen, wie folgendes Beispiel zeigt: Es sei mit einer Temperatur der Aussenluft von — 10° ein Feuchtigkeitsgrad von 40 % verbunden. Dann ist die in 1 cbm Luft enthaltene Wassermenge (s. Tabelle p. 323) 0,40 . 2,3 g = 0,92 g. Nun wird diese Luft vor ihrem Eintritt in das Zimmer auf + 20° erhöht, und wir wollen annehmen, dass sie einen Feuchtigkeitsgrad von 50 % erhalten soll; es muss jetzt also der Wassergehalt in 1 cbm Luft 0,50 . 17,2 g = 8,6 g betragen, so dass ein Zuschuss an Feuchtigkeit von 8,6 — 0,92 = 7,68 g erforderlich ist. Führen wir so viel frische Luft ein, als dem Lüftungsbedarf entspricht, also pro Kopf und Stunde 25 cbm, so ist ein Wasserzuschuss von 25 . 7,68 g = 192 g nothwendig; demnach täglich bei 5stündiger Unterrichtszeit 5 . 192 g = 960 g = nahezu 1 l. Nun scheidet ein Schulkind durch Exspiration und Perspiration täglich etwa 700 g Wasser aus, in 1 Stunde also 29,1 g [1]), in 5 Stunden 145,5 g; es ermässigt sich demnach der nothwendige Wasserzuschuss auf 960 g — 146 g = 814 g, welche Menge unter den obigen Voraussetzungen also pro Schulkind und Schultag erforderlich ist. — Ein anderes Beispiel möge zeigen, wie der Feuchtigkeitsgehalt der Luft auch zu gross werden kann:

Aussenluft:	+ 12°, Feuchtigkeit 70%, 1 cbm enthält	0,70 . 10,6 =	7,42 g Wasser,
Zimmerluft:	+ 18°, „ 50%, 1 „ „	0,50 . 15,3 =	7,65 g „
	Zuschuss für 1 cbm		0,23 g „
	„ „ 25 „ (in 1 Std. erforderl.)	25 . 0,23 =	5,75 g „
	„ „ 125 „ („ 5 „ „)	5 . 5,75 =	28,75 g „

[1]) Rietschel nimmt in seinem „Leitfaden“ nur 15 g Wasserabgabe pro Kind und Stunde an.

Ein Schulkind scheidet in 5 Stunden 145,5 g Wasser aus, so dass dadurch pro Kopf ein Ueberschuss von 116,75 g Wasser erzeugt wird. Die Zimmerluft wird zu feucht.

Man erkennt so, dass die normale Feuchthaltung der Athmungsluft auf ganz besondere Schwierigkeiten stösst, und thatsächlich scheitert dieselbe an den überaus grossen Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre. Wir können vielfach nicht verhüten, dass sich die Schulluft als zu trocken erweist, und dies gerade hat zu so ernsten und dauernden Klagen über die Feuerluftheizungen geführt. Noch weniger aber können wir verhüten, dass die Schulluft zu feucht wird. Klagen über Schwüle und erstickende Wärme in den Schulzimmern bleiben unter solchen Verhältnissen ebenfalls nicht aus. — Bisher haben aber trotz der mannigfachsten Regulirungsvorrichtungen die Einrichtungen zur normalen Befeuchtung der Schulluft versagt.

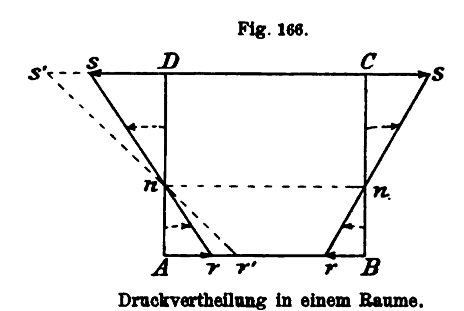
Grundprincipien und allgemeine Hilfsmittel der Ventilation.

Nachdem wir die Grösse des erforderlichen Luftwechsels festgestellt haben, erscheint es zweckmässig, die physikalischen Gesetze bezw. die technischen Hilfsmittel aufzusuchen, vermittelst welcher der Luftwechsel herbeigeführt werden kann. Schon wiederholt ist darauf hingewiesen worden, dass es eine Reihe von natürlichen Bewegungsursachen für die Luft giebt, wie Wärmedifferenzen, Wind, Diffusion u. a. m. Andererseits ist man aber auch im Stande, mit Heranziehung besonderer Betriebskräfte, wie künstlich erzeugter Wärme, Druckluft, Wasser- und Dampfströmung, Elektricität, eine Verminderung oder Erhöhung der Luftspannung und damit eine Bewegung der Luft herbeizuführen. An Stelle jener natürlich erzeugten Luftbewegung tritt hier die auf künstliche Weise hervorgerufene Luftströmung. In letzter Linie freilich kommt es bei jeder Art von Luftbewegung, ob sie gleichsam von selbst erzeugt oder künstlich hervorgerufen wird, nur darauf hinaus, in einem zu durchlüftenden Raume eine vergrösserte oder verringerte Luftspannung gegenüber der Atmosphäre zu schaffen. Die so für die Luft in geschlossenen Räumen waltenden Verhältnisse versteht man vielleicht am besten, wenn man sich zunächst die Vorgänge, welche bei der Erwärmung der Luft eintreten, vergegenwärtigt. Es erscheint am

zweckmässigsten, hier den sehr einfachen und einleuchtenden Ausführungen Rietschel's[1]) zu folgen.

Nehmen wir an, dass in dem von vollständig dichten Wänden umschlossenen Raume ABCD (s. Fig. 166) dieselbe Temperatur herrsche wie aussen, so ist in den Luftschichten des Raumes überall Gleichgewicht vorhanden. Wird jetzt die Temperatur des Innenraumes erhöht, so entsteht eine Bewegung der durch die Erwärmung specifisch leichter gewordenen Luft nach oben. In Folge des Auftriebes und des Umstandes, dass die Luft sich wegen der undurchlässigen Umschliessungswände nicht ausdehnen kann, nimmt die Spannung im Raume zu; es herrscht demnach ein Ueberdruck gegen aussen. Wird nun in einer Seitenwand eine Oeffnung n gemacht, so strömt die Luft in Folge des Ueberdruckes, welcher innen herrscht, aus dem Raume nach aussen, und dies währt so lange, bis Gleichgewicht zwischen innen und aussen an der Oeffnung n und in der ihr entsprechenden Ebene innerhalb des Raumes vorhanden ist.

Fig. 166.



Druckvertheilung in einem Raume.

Unterhalb der Gleichgewichtsebene n n wird der Druck der Aussenluft auf die Aussenfläche des Raumes grösser sein als der Druck, den die Innenluft in gleicher Höhenlage auf die Innenwand desselben ausübt. Es herrscht also von aussen ein Ueberdruck gegen innen. Je weiter wir von der Ebene n n nach unten gehen, um so grösser wird dieser Ueberdruck von aussen, wie dies durch die Linie n r veranschaulicht wird. Oberhalb der Ebene n n findet das Umgekehrte statt. Hier herrscht innen ein Ueberdruck gegen aussen, dargestellt durch die Linie n s. An der Decke ist ein Ueberdruck von der Grösse, welche der Entfernung D s und C s entspricht, vorhanden, am Fussboden ein Unterdruck von der Grösse A r und B r. Die Gleichgewichtslage, die als „neutrale Zone“ bezeichnet wird, ist die Grenze zwischen dem oberhalb derselben vorhandenen Ueberdruck und dem unterhalb befindlichen Unterdruck.

Wird die Luft des Raumes mehr als in dem vorstehenden Falle erwärmt, so wird die Spannung um so grösser, und ebenso wächst

[1]) Rietschel, Die Auswahl des Ventilationssystems für Schulen, Theater u.s.w. Verh. d. Deutschen Gesellsch. f. öff. Gesundheitspflege zu Berlin, 1897, Nr. 2.

Ueberdruck und Unterdruck, wie durch die Linie n s′, die einen grösseren Neigungswinkel hat als n s, gezeigt wird. So das Verhältniss in mit luftdichten Wänden abgeschlossenen Räumen.

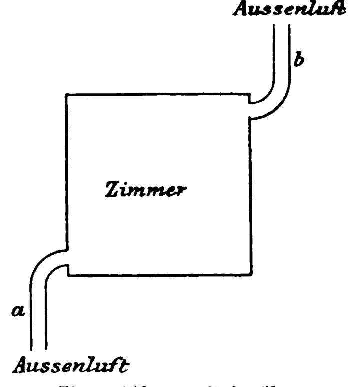
Wie steht es nun aber mit der Druckvertheilung der Luft in Räumen, welche wie unsere Schulzimmer keineswegs luftdicht abgeschlossen sind? Während des grössten Theils des Jahres ist die im Raume befindliche Luft wärmer als die Aussenluft; in Folge dessen tritt eine erhöhte Spannung der oberen Luftschichten ein, so dass zunächst hier Ueberdruck, in den unteren Theilen des Raumes aber Unterdruck herrscht, also ähnliche Verhältnisse vorhanden sind, wie sie in Fig. 166 dargestellt sind. Diese Druckverhältnisse innerhalb des Raumes bedingen nun aber bald eine besondere Luftbewegung durch die porösen Wände. In Folge des Ueberdruckes im oberen Theile des Raumes strömt die Luft von hier durch die Wand nach aussen. An den unteren Theilen der Wände, wo innen Unterdruck herrscht, wird die Luft von aussen durch die Wände nach innen dringen. Es ergiebt sich demnach eine Richtung der Luftbewegung durch die Umschliessungen des Raumes, wie sie in Fig. 166 durch die Pfeile bezeichnet ist, und die Stärke der Luftbewegung in den verschiedenen Höhenlagen kann etwa durch die Länge der Pfeile dargestellt werden. Prof. Recknagel, der das Verdienst hat, diese Verhältnisse in vortrefflicher Weise theoretisch dargelegt zu haben, fand durch directe Messungen, dass die Bewegung der Luft auch thatsächlich den theoretischen Voraussetzungen entsprechend erfolgt.

Die ungleiche Druckvertheilung der Luft innerhalb des Raumes hat auch Luftbewegungen durch Decken und Fussböden zur Folge, falls diese nicht völlig luftundurchlässig sind. Der grosse Ueberdruck im oberen Theile des Raumes bewirkt, dass die Luft sich durch die Decke einen Weg nach oben sucht, während der bedeutende Unterdruck im unteren Abschnitte des Zimmers ein Aufsteigen der Luft durch den Fussboden veranlasst. Liegen nun mehrere Räume mit durchlässigen Fussböden und Decken über einander, so wirken Ueberdruck an der Decke des einen Zimmers mit dem Unterdruck am Fussboden des darüber liegenden Zimmers gemeinschaftlich und erzeugen ein energisches Aufsteigen der Luft in allen diesen Räumen. Falls die Luft der Räume verunreinigt ist, so hat alsdann begreiflicherweise das oberste Zimmer unter diesem Uebelstande am meisten zu leiden. Das ist einer der Gründe, weshalb man für Schulzimmer undurchlässige Fussböden und Decken verlangen muss (s. die Capitel Fussboden p. 204 und Decke p. 166).

Eine umgekehrte Bewegung der Luft durch Wände, Decken und Fussböden würde stattfinden, wenn die Luft im Zimmer kühler wäre als aussen, wie dies an heissen Sommertagen eintreten kann. Soweit die durch die Porosität der Wände gegebenen natürlichen Verhältnisse.

Wie aber nun, wenn man, von der natürlichen Luftbewegung absehend, derselben durch Canalführung die Wege vorschreibt? Dann stehen die Räume nicht durch Poren, Spalten und Risse allein mit der Aussenluft in directer Verbindung, sondern durch diese Canäle. Denselben fällt in erster Linie die Aufgabe zu, frische Luft durch besonders angelegte Oeffnungen in die Räume hinein und durch andere auch wieder abzuführen. Die Verhältnisse gestalten sich jetzt folgendermassen: Setzen wir voraus, dass das Zimmer (Fig. 167) zwei mit der Aussenluft in Verbindung stehende Luftcanäle hat; die Luft sei innen von der gleichen Temperatur wie aussen. Dann ist zunächst keine Möglichkeit vorhanden, die Luft des Raumes zu bewegen; es herrscht Gleichgewicht zwischen Innen- und Aussenluft, keine Luftbewegung. Wird jetzt die Luft des Zimmers erwärmt, so wird sie in Folge ihres geringeren specifischen Gewichts gehoben und strömt durch b nach oben, während durch a entsprechende Mengen neuer Luft in das Zimmer eintreten. Durch dauernde Erwärmung der Luft an einer beliebigen Stelle dieser Anlage kann man so eine stetige Luftbewegung erzeugen. Es wäre nun aber auch möglich, in dieser Anlage die Luft abzukühlen, wodurch diese schwerer wird als die Aussenluft, so dass sie durch a ausströmt, während durch b wärmere Aussenluft eintritt; es würde also die fortdauernde Abkühlung ebenfalls eine fortdauernde Luftbewegung veranlassen, die allerdings derjenigen entgegengesetzt ist, welche durch Erwärmung hervorgerufen wird. Das Schema ist also:

Fig. 167.



Zimmerlüftung mit Canälen.

Erwärmung: Canal a — Zimmer — Canal b = aufwärts.

Abkühlung: Canal b — Zimmer — Canal a = abwärts.

Bei dieser Anordnung sind also die Temperaturdifferenzen das bewegende Moment — das Moment, welches die Luftschichten gegen einander treibt.

Die Luft in dieser Anlage kann aber auch durch mechanische Mittel in Bewegung gesetzt werden.

Wird am Anfange des Canals b ein durch eine besondere Betriebskraft in Thätigkeit gesetzter Sauger angebracht, durch welchen die Luft aus der Anlage abgesaugt wird, so wird die Innenluft verdünnt und ihr Gewicht der Aussenluft gegenüber geringer; es wird durch b Luft aus- und durch a Luft einströmen. Befindet sich der Sauger im Canal a, so erfolgt eine entgegengesetzte Luftströmung. In beiden Fällen haben wir eine Saug- oder Absorptionslüftung, deren Wirkung auf dem Verdünnen der Innenluft beruht. — Ist im Anfange des Canals b eine mechanische Vorrichtung vorgesehen, welche die Luft in die Anlage hineintreibt, gleichsam hineinpresst, so wird hier der Druck relativ erhöht und die Luft wird aus a abströmen; umgekehrt würde durch Anbringung eines gleichen Ventilators in a eine entgegengesetzte Luftbewegung erzeugt werden. Wir haben hier eine Druck- oder Pulsionslüftung, deren Wirkung auf dem Verdichten der Innenluft beruht.

Die Luftbewegung kann demnach erfolgen durch Verdünnen einer Luftsäule, wie bei der Erwärmung und Absaugung, oder durch Verdichten der Luftsäule, wie bei der Abkühlung und Pressung. Immer aber liegt die eigentliche Ursache der Luftbewegung in der Druckdifferenz, die zwischen der äusseren und inneren Luft vorhanden ist.

Wenn wir in einem mit warmer Luft erfüllten Raume eine Oeffnung in der Nähe der Decke anlegen, so wird die unter starker Spannung stehende Innenluft ausströmen. Die neutrale Zone rückt nach oben, und wir werden im ganzen Zimmer Unterdruck haben, wie Fig. 168 zeigt. In diesem Falle wird aber begreiflicherweise die Luft von aussen auf allen nur möglichen Wegen in den Raum einzudringen gezwungen sein; sind die Wände nicht für Luft undurchdringlich, so wird dieselbe durch diese und durch die Ritzen der Fenster, Thüren, Fussböden u. s. w. allerorten eindringen; man wird unter solchen Umständen nicht nur von Zugerscheinungen zu leiden haben sowohl von den Fenstern als auch von der Thür her — bei letzterer namentlich dann, wenn sie geöffnet wird, weil dann eine Frischluftwelle mit starker Bewegung in das Zimmer gepresst wird —, sondern es sind auch die Vorbedingungen geschaffen, dass die Luft dieses Raumes durch die Luft benachbarter Räume, wie Aborte, Keller u. s. w., verunreinigt wird. Dieselben Erscheinungen werden aber auch bei der Sauglüftung eintreten, die ja, wie wir gesehen

haben, die gleichen Bedingungen schafft wie die Erwärmung der Innenluft.

Legen wir nun umgekehrt in einem Raume, wie vorstehend beschrieben, die Oeffnung in der Nähe des Fussbodens an, so rückt auch die neutrale Zone nach abwärts. Im Zimmer herrscht oberhalb derselben Ueberdruck, und die Luft desselben hat das Bestreben, nach aussen zu strömen, wie Fig. 169 zeigt. Zugwirkungen von

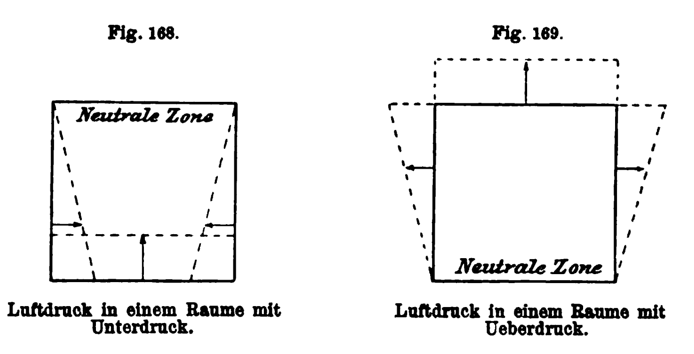


Fig. 168. Luftdruck in einem Raume mit Unterdruck.

Fig. 169. Luftdruck in einem Raume mit Ueberdruck.

Fenstern und Thüren her sind nicht bemerkbar; ebenso ist für reguläre Verhältnisse die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die Luft dieses Raumes durch die Luft benachbarter Räume verunreinigt wird. Die gleichen Bedingungen werden aber auch durch eine Drucklüftung erfüllt.

Ordnet man in diesem Raume zwei Oeffnungen an, und zwar eine obere und eine untere, die beide in gleicher Weise wirken, so wird die neutrale Zone sich in der Mitte des Raumes befinden. Aendern sich aber die Bedingungen, unter denen die beiden Oeffnungen bezw. Canäle wirken, so ändert sich auch die Lage dieser Zone. Letztere wird um so höher zu liegen kommen, je grösser die relative Luftmenge ist, die aus den oberen Partien des Raumes abgeführt wird. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der Widerstand, welcher der Luftbewegung entgegengesetzt wird, in der oberen Oeffnung und dem oberen Canale verringert oder in der unteren Oeffnung bezw. Canal vergrössert wird. Will man die neutrale Zone tiefer legen, so muss der Druck in dem oberen Theile des Zimmers ein relativ grösserer werden, was man dadurch erreicht, dass man bei den Canälen und Oeffnungen Bedingungen schafft, die denjenigen entgegengesetzt sind, welche wir vorhin besprochen haben. Indessen treten der Möglichkeit, die neutrale Zone nach Belieben höher oder tiefer zu legen, wie man aus den gesammten Ausführungen erkennt,

wegen der Undichtigkeiten der Umschliessungswände Schwierigkeiten entgegen, so dass die Lagenregelung der neutralen Zone nur innerhalb kleinerer, aber immerhin beachtenswerther Grenzen gelingt (Rietschel).

Für Schulen ist es nach diesen Erörterungen empfehlenswerth, die neutrale Zone nach unten zu rücken, etwa 0,8 m über Fussboden (Schmidt), also für Ueberdruck zu sorgen, weil dann keine Zugerscheinungen entstehen und die Möglichkeit des Einströmens unreiner Luft aus benachbarten Räumen vermieden wird. — Im Ganzen erkennt man, dass die physikalischen Grundbedingungen der Lüftungstechnik an sich höchst einfache sind. Freilich liegen die Verhältnisse in der Praxis unter dem Einflusse der Porosität der Wände, der Fensteröffnungen und Thüren, der Windströmungen der Atmosphäre sehr verwickelt, so dass thatsächlich kaum schwierigere Aufgaben der Sanitätstechnik geboten werden können als die der Einrichtung zweckmässiger Lüftungsanlagen. Wir werden dieselben im Einzelnen mit Rücksicht auf die Schule zu studiren haben.

Arten der Lüftung und der Lüftungsanlagen.

Den Luftwechsel, der durch die Poren der Wände, der Decke und des Fussbodens, ferner auch durch die Risse und Spalten der Fenster und Thüren erfolgt, nennt man, da er ohne Zuthun des Menschen und ohne besondere Vorrichtungen geschieht, natürliche Lüftung. Im Gegensatze dazu steht die künstliche (absichtliche) Lüftung; sie hat es zunächst mit eigens angelegten Luftwegen (Canälen) und Oeffnungen zu thun, und in denselben mit oder ohne Vermehrung der Wirksamkeit der unter den gewöhnlichen Verhältnissen vorhandenen und auch der natürlichen Lüftung dienenden Bewegungsursachen (Wärmedifferenzen, Diffusionsbestreben der Luft, Windströmungen) oder auch mit Heranziehung anderer Betriebskräfte (Dampf, Wasser, Druckluft, Elektricität u. s. w.) und besonderer Vorrichtungen (Wolffhügel).

Man sieht ein, dass eigentlich nur dort, wo für die Leitung der Luft besondere Canäle vorgesehen sind, von einer vollständigen Lüftungsanlage die Rede sein kann. Sie allein gestattet eine regelmässig controlirbare Zuführung und Abführung der Luft nach Maass und Bedürfniss, und so besteht die Anlage einer solchen künstlichen Lüftung in der That auch aus den zwei Hauptheilen, den luftzu-

führenden Canälen und deren Oeffnungen und den luftabführenden Canälen und deren Oeffnungen.

Die Bewegung der zugeleiteten und der abzuführenden Luft kann, wie oben ausgeführt, durch künstlich erzeugte Temperaturdifferenzen erfolgen, am leichtesten durch Einführung künstlicher Erwärmung in dem luftabführenden Canal. Die so erzeugte Luftverdünnung führt naturgemäss zum Nachrücken der Aussenluft, und daher heisst dieses System Saugelüftungsanlage (Rietschel) oder Aspirationsanlage. Begreiflicher Weise kann man zur Herstellung der Luftverdünnung ausser der Wärme auch mechanische Kraft, einen Exhaustor, benutzen. Diesen Anlagen gegenüber heissen diejenigen, bei welchen mechanische Anlagen (Ventilatoren) durch pressende Einstösse von Luft in die Räume die Bewegung derselben veranlassen oder unterstützen, Pulsions- oder Drucklüftungsanlagen.

Natürliche Lüftung.

Wir stehen in unseren Wohnhäusern stetig mit der Aussenluft durch die luftdurchlassenden Wände in Beziehung. Die Art dieses Verkehrs erwiesen zu haben, ist das grosse Verdienst v. Pettenkofer's, durch dessen geniale Untersuchungen in das ganze Gebiet des Luftwechsels in unseren Wohnräumen erst Klarheit gebracht worden ist. Alles, was seither nach dieser Richtung gearbeitet worden ist, hat die durch v. Pettenkofer festgestellten Ergebnisse bestätigt und erweitert.

Graham [1]) hatte zuerst den Nachweis geführt, dass durch einen Gypspfropfen verschiedene Gase in die freie Luft diffundiren; v. Pettenkofer machte zu diesen Beobachtungen die Bemerkung, dass, wenn der Austausch zweier verschiedener Gase durch eine getrocknete Gypswand rasch von statten gehe, derselbe durch eine trockene Scheidewand von Mörtel und Ziegelsteinen hindurch noch viel rascher stattfinden müsse. Dies stand im Einklange mit der Erfahrung, dass das zu unseren Wohnungen verwandte Baumaterial sogar für Wasser durchgängig sei, und man konnte a priori voraussetzen, dass da, wo Wasser durchsickere, sicherlich auch Luft hindurchzudringen vermöge.

Die Fähigkeit des Luftdurchtrittes durch Mörtel und Mauerwerk

---

[1]) Poggendorff's Annalen, Bd. XVII u. XVIII.

konnte alsbald experimentell erwiesen werden. v. Pettenkofer[1]) überstrich vier Flächen einer freistehenden Mauer mit einer für Luft undurchdringlichen Wachsmasse und bekleidete sodann die beiden noch frei sich gegenüber liegenden Flächen mit Blechplatten, welche an ihren Rändern mit den vier überzogenen Flächen luftdicht verbunden waren. In der Mitte beider Platten befand sich ein etwa ¼ Zoll weites Loch, in welches je eine Röhre luftdicht eingepasst werden konnte. Sobald man in das eine Rohr hineinblies, war es leicht, die Luft durch das andere Rohr hinauszublasen und so eine Kerze auszulöschen oder die Luft in einem Glase Wasser als Blasen aufsteigen zu lassen.

Der weitere Beweis für die Durchdringlichkeit der Wände für Gase konnte auf dem Wege des chemischen Experiments geführt werden. v. Pettenkofer bestimmte den Kohlensäuregehalt seines Zimmers von 3000 Cubikfuss Inhalt im Beginne und nach 4stündigem Aufenthalt und fand eine Differenz zwischen der thatsächlich vorhandenen und der theoretisch berechneten Menge. Wurde der anfängliche Kohlensäuregehalt im Zimmer gleich dem der atmosphärischen Luft, also zu 0,5 p. m., angenommen, so befanden sich in demselben schon 1,5 Cubikfuss Kohlensäure; dazu musste die Respiration nach den von Scharling und anderen (siehe p. 333) gemachten Angaben bei 4stündigem Aufenthalt 2 Cubikfuss hinzugefügt haben, was eine Quantität von 3,5 Cubikfuss oder 1,2 p. m. in der Zimmerluft ergeben musste; die Beobachtung ergab nur 0,54—0,68 p. m. Da die Kohlensäure in dem trockenen, lange bewohnten Raume nicht absorbirt sein konnte, so konnte sie nur durch den Luftwechsel verschwunden sein.

v. Pettenkofer entwickelte ferner in demselben Arbeitszimmer, nachdem er Fenster und Thüren auf das Vollkommenste verschlossen hatte, Kohlensäure aus doppeltkohlensaurem Natron und Schwefelsäure; der Kohlensäuregehalt der Luft betrug

um 12 Uhr	15 Min.	4,84 p. m.	bei 22 °C. innerer	u. 15 ° äusserer	Temperatur,
„ 1 „	20 „	3,65 „ „	„ 23 °C. „	„ 19,4 ° „	„
„ 2 „	30 „	2,66 „ „	„ 22,2 °C. „	„ 18,7 ° „	„

Nun öffnete v. Pettenkofer ein Fenster von 9½ Quadratfuss 5 Minuten lang, schloss es alsdann wieder und untersuchte die Luft 10 Minuten später; sie enthielt

um 2 Uhr 45 Min. . . 2,38 p. m. Kohlensäure.

[1]) Seiffert, Ventilation. Schmidt's Jahrbücher, Bd. 129, 1866, p. 330.

In einem anderen Versuche verklebte v. Pettenkofer sorgfältigst alle Fenster und Thürenfugen. Beim Beginne des Versuches wurde im Ofen Feuer gemacht, welches trotz des sorgfältigen Verschlusses lebhaft brannte. Die Menge der in den Ofen einströmenden Luft betrug pro Stunde 60 cbm. Der Kohlensäuregehalt, welcher nach beendigter Kohlensäureentwickelung

4,21 p. m. bei 18° C.

betrug, sank in 2 Stunden auf

1,17 p. m. bei 20° C.

Aus allen diesen Versuchen, welche von Roscoe bestätigt wurden, ergab sich sonach mit Sicherheit die Permeabilität der Wände für die äussere Atmosphäre, und v. Pettenkofer giebt an, dass die Abnahme der Kohlensäure in der Zimmerluft als ein sicherer Maassstab des Luftwechsels angesehen werden kann, sobald die Wände nur trocken sind und selbstverständlich nicht irgendwelche Kohlensäure absorbirende Substanzen im Zimmer vorhanden sind.

Die Verhältnisse, nach welchen der Luftwechsel durch die Wände unserer Wohnräume sich regelt, sind aber folgende: Der Luftwechsel ist abhängig

1. von der grösseren oder geringeren Porosität des Baumaterials und in diesem Sinne auch von all den Einflüssen, welche die Porosität resp. die Durchgängigkeit für Luft durch die Poren des Baumaterials stören;
2. von der Stärke und Richtung des Windes im Freien, und, wie wir sie oben schon erörtert haben,
3. von der Temperaturdifferenz zwischen der Luft innerhalb und ausserhalb des zu ventilirenden Raumes.

ad 1. Dass das Baumaterial ausserordentlich porös ist, haben die Untersuchungen von v. Pettenkofer, Schultze, Märker, Schürmann und Lang[1]) ergeben (s. p. 154 ff.). Nach letzterem Autor vermindert sich die Durchlässigkeit der verschiedenen Baumaterialien in folgender Reihenfolge: Kalkstein, Fichtenholz über Hirn (Faserrichtung), Luftmörtel, Beton, stark gebrannte Handziegel, Klinker (Verblendsteine) unglasirt, Portlandcement, Sandstein, schwach gebrannte Handziegel, Eichenholz (Faserrichtung), gegossener Gyps, glasirte Klinker (undurchlässig). Aus Lang's Untersuchungen geht weiter hervor, dass

a) die unter Druck durch poröse Scheidewände fliessenden Gas-

[1]) Lang, Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877.

mengen nahezu proportional sind der Druckdifferenz, welche zu beiden Seiten der Wand vorhanden ist;

b) die Luftmenge, welche unter constantem Druck poröse Scheidewände durchdringt, proportional der Dicke derselben ist;

c) die Durchgängigkeit des Mauerwerks wesentlich beeinflusst wird durch die Art seiner Bekleidung, und zwar in folgender Stufenfolge derselben: Kalkanstrich, Anstrich mit Leimfarbe, Glanztapete, ordinäre Tapete (welche letztere beide die Permeabilität um so mehr verringern, je dichter der Klebestoff ist, mit welchem sie befestigt werden), Oelfarbenanstrich, welcher in neuem Zustande die Permeabilität völlig aufhebt;

d) endlich die Permeabilität wesentlich leidet durch Feuchtwerden des Baumaterials, und zwar um so mehr, je enger die Poren derselben sind. Erfüllung mit Wasser vermindert die Durchlässigkeit bei Sandstein und Ziegel um etwa 80 %, bei Luftmörtel um etwa 93 % und bei Beton und Cement um 100 %.

Diese Thatsachen lassen sich jedoch ohne Weiteres nicht in dem Umfange verwerthen, wie Lang dies ursprünglich annahm; denn die für die einzelnen Materialien gefundenen Durchlässigkeitsverhältnisse behalten nach Recknagel's Untersuchungen für Mauern nicht ihre Gültigkeit.

ad 2. Schon die von Lang gefundene Thatsache, dass ceteris paribus die Durchgängigkeit des Baumaterials für Luft abhängig sei von der zu beiden Seiten desselben vorhandenen Gasdruckdifferenz, muss darauf hinführen, dass die Windrichtung die natürliche Ventilation durch die Mauern der Wohn- und Schulgebäude erheblich beeinflusse. Da die atmosphärischen Luftströmungen im Freien selbst bei anscheinend völliger Windstille 1 m in der Sekunde betragen, so werden auch unsere Wohnungen von einem steten Strome bewegter Luft bespült sein. In der Voraussetzung möglichster Ruhe der Atmosphäre werden wir in dem Augenblicke, wo unsere Häuser kühler sind als die Atmosphäre an den Wänden derselben, einen abwärts gehenden, wenn sie wärmer sind, einen aufwärts gehenden Luftstrom wahrzunehmen haben; wir würden allerdings für die natürliche Ventilation von den geringfügigen Druckdifferenzen, welche dergleichen Luftströmungen hier erzeugen, kaum etwas ausnutzen können, wenigstens nicht ohne besondere künstliche Hilfsmittel. Anders, wenn raschere Windströmungen mit 10 m in der Sekunde und darüber gegen unsere Wohngebäude anstürmen; wir fühlen alsdann nicht allein bei geschlossenen Thüren und Fenstern

die gewaltige Pression der Aussenluft, wir hören auch ihr mit Pfeifen verbundenes Einströmen durch alle vorhandenen Ritzen und Oeffnungen. Unter solchen Verhältnissen wird auch der Luftwechsel auf natürlichem Wege ein lebhafter und ganz beträchtlicher sein. Allerdings kommt nicht immer diese pressende, sondern auch die sog. saugende Kraft des Windes zur Geltung, wenn letzterer, die Mauerwand bestreichend, die Luft aus unseren Wohngebäuden gleichsam herauszieht. Es strömt alsdann aus dem Innern des Hauses, vielleicht aus den untersten Stockwerken, den Kellerräumen und dem Untergrund Luft nach, und die Vergünstigung des Luftwechsels zum Zweck der Verbesserung der Luft unserer Zimmer wird in dem Maasse geringer, als diese Luft von der reinen atmosphärischen Luft abweicht. In diesem Sinne liegt in der Benutzung der Windrichtung zum Zweck der natürlichen Ventilation sogar, wie oben schon ausgeführt, unter Umständen eine gewisse Gefahr. Abgesehen aber davon ist selbst in den dauernden Schwankungen der Grösse der Windströmungen ein so wechselvoller Factor gegeben, dass für eine constante dauernde Ventilation kein Verlass auf dieselben ist. Wenn dies schon für dichtbewohnte Privathäuser ins Gewicht fallen mag, um wie viel mehr für die Schule, welche bezüglich ihres Luftbedarfs energische Forderungen stellt und stellen muss und bei Erfüllung derselben nimmermehr abhängig sein darf von Zufälligkeiten solcher Art, wie die Entstehung einer der Richtung des Schulgebäudes entsprechenden Windrichtung ist. Welchen Effect Windströmungen und relative Windstille auf die Luftverbesserung in Schulen ausüben, zeigen die Untersuchungen Gillert's, aus welchen sich ergiebt, dass die Menge der Kohlensäure in einem geschlossenen Zimmer zur Geschwindigkeit der Luftbewegung im Freien in umgekehrtem Verhältniss steht. War das Wetter stürmisch, so stieg der Kohlensäuregehalt in drei Berliner Schulen während des Unterrichts nicht über 1 p. m. Bei relativer Windstille fanden sich in einem Zimmer nach 4stündigem Unterricht 4—5,6 p. m. Kohlensäure, in einem anderen Klassenzimmer, in welchem während der letzten 3 Stunden sechs untere Fensterflügel dauernd geöffnet waren, immer noch 1,21 p. m. Allerdings waren in diesen Schulhäusern besondere Canäle für Zu- und Abluft während der Untersuchung in Wirksamkeit, so dass die Entfernung der Kohlensäure bei windigem Wetter nicht allein auf dem Wege der natürlichen Lüftung erfolgt ist.

ad 3. Die Bedeutung der Temperaturdifferenzen für die natürliche Ventilation dürfte aus den oben citirten Experimenten v. Petten-

kofer's zur Genüge hervorgegangen sein; wir haben auch aus den oben wiedergegebenen Deductionen Rietschel's die Bedeutung derselben für die Luftverschiebung kennen gelernt. So werden wir verstehen, dass z. B. eine Temperaturdifferenz von 19 ° C. (zwischen Innen- und Aussenluft) mehr zur natürlichen Ventilation eines Raumes beiträgt als das Oeffnen eines Fensters von 8 Quadratfuss Fläche bei einer Temperaturdifferenz von 4 °.

Aber alles zusammengenommen, kann für die Schule der Luftwechsel nicht von den genannten wechselnden Factoren abhängig gemacht werden. Zwar das Material der Wände, des Fussbodens und der Decke liesse sich so wählen, dass es für Luft durchlässig sei, aber auf Windrichtung und Temperaturdifferenz sind wir ohne Einfluss; daher finden wir bei der Ventilation aller öffentlichen Gebäude, sobald dieselben für den längeren Aufenthalt einer grösseren Anzahl von Personen bestimmt sind, den Grundsatz angewandt, dass der zufällige, ausserordentlich schwankende Luftwechsel durch die Wände hindurch den Forderungen der Gesundheitspflege nicht entspricht, und dass besondere Einrichtungen, die einen bestimmten und regelbaren Luftwechsel gewähren, erforderlich sind; und diese Auffassung geht so weit, dass Rietschel beispielsweise sogar wünscht, dass die Durchlässigkeit der Wände durch entsprechenden Anstrich überhaupt aufgehoben werde, und zwar aus dem Grunde, damit die Wirkung der Ventilationsanlagen sich ohne Beeinträchtigung vollziehe.

Indem wir versuchen, die Vorzüge der natürlichen Lüftung zusammenzufassen, finden wir, dass diese keine besonderen Canalanlagen und keine besonderen Vorrichtungen für die Erzeugung der Luftbewegung erfordert; sie ist daher am einfachsten und billigsten. Die Luft strömt durch unzählige Oeffnungen von kleinsten Querschnitten von aussen nach dem Raume, so dass sie schon innerhalb der durchlassenden Mittel sich den Wärmeverhältnissen des Raumes nähert; die Luftzufuhr geht daher für die Insassen des Zimmers in der Regel unbemerkt vor sich und kann für dieselben keine nachtheiligen Folgen nach sich ziehen. In Folge der vielen Einströmungsöffnungen in den Umschliessungskörpern geht die Mischung der eindringenden Luft mit der Zimmerluft unter den günstigsten Bedingungen vor sich. Diesen Vorzügen stehen aber auch grosse Nachtheile gegenüber: Die natürliche Lüftung ist nur von geringer Ergiebigkeit. Die Factoren, welche die Bewegung der Luft verursachen (Wärmedifferenzen, Windströmungen, Diffusionsbestrebungen), sind nicht constant und haben daher einen wechselnden Effect zur Folge,

ebenso wie auch die Durchlässigkeit der Umschliessungskörper, insbesondere durch den verschiedenen Wassergehalt, erhebliche Schwankungen aufweist. Da die einströmende Luft nicht nur aus dem Freien, sondern auch aus benachbarten Räumen stammt, so ist nicht immer die Gewähr vorhanden, dass die Luft den an sie zu stellenden Forderungen entspricht. Indem die Luft die Wände, Decken und Fussböden durchströmt, kann es vorkommen, dass sie durch hier vorhandene oder sich entwickelnde Stoffe, Gase und Lebewesen verunreinigt wird. Mit dieser von aussen zuströmenden Luft können auch schädliche Gase aus dem Boden und durch diesen von Senkgruben u. s. w. her in die Zimmer eindringen.

Lüftung (Ventilation) durch Fenster und Thüren.

v. Pettenkofer fand, dass in einem 3000 Cubikfuss grossen Zimmer (s. p. 511), in welchem möglichst alle Oeffnungen verklebt waren, bei einer Temperaturdifferenz von 19° zwischen der Aussenluft und Innenluft 54 cbm Luft in der Stunde, dagegen bei einem Temperaturunterschied von 4° nur 22 cbm Luft ausschliesslich durch die Wände hindurch wechselten. Nach Oeffnung eines Fensterflügels von 8 Quadratfuss Fläche stieg der Luftwechsel von 22 auf 42 cbm in der Stunde. Das Oeffnen des Fensters wirkte also noch lange nicht so intensiv für Vergrösserung des Luftwechsels wie die grössere Temperaturdifferenz zwischen Aussenluft und Innenluft einem Zimmer gegenüber, dessen Oeffnungen möglichst fest verschlossen waren.

Hieraus folgt, dass von Lüftung durch die Fenster bei vollkommen ruhiger Luft überhaupt nur die Rede sein kann, wenn Temperaturdifferenzen der Innenluft und Aussenluft vorhanden sind, und ferner, dass die Grösse des Luftwechsels von den Temperaturdifferenzen in gewissem Grade abhängig ist. Aus den theoretischen Erörterungen und experimentellen Studien von Recknagel[1]) ergab sich, dass man die Lüftungsleistung der Temperaturunterschiede für den Einzelfall genau vorherbestimmen kann. Der Effect ergab sich unter der Voraussetzung vollkommen ruhiger Luft und gleichmässiger Temperaturvertheilung in einem Zimmer nahezu proportional dem zwischen der Zimmerluft und der Aussenluft herrschenden Temperaturunterschied. Wir sind deshalb vollkommen im Irrthum, wenn wir uns einbilden, durch Oeffnen der Fenster unter allen Umständen

[1]) Recknagel, Zeitschr. f. Biologie, Bd. XV.

erhebliche Effecte für die Luftverbesserung zu erzielen; man ist wohl im Stande, die Lüftungsgrösse dadurch in etwas zu vermehren, und wird deshalb allerdings das Oeffnen der Fenster nicht unterlassen, aber man darf darauf nicht allzuviele, am wenigsten alle Hoffnung setzen. Daher kommt es, dass wir zu Zeiten, wo Aussen- und Innentemperatur nur unwesentlich sich unterscheiden, in einem menschenerfüllten Raume trotz offener Fenster von der unbehaglichen Empfindung schlechter Luft durchaus nicht frei sind.

Wenn nun noch dazu kommt, was Schinz[1]) betont, dass die Lufterneuerung durch die Fenster die ungünstigste ist, welche man sich denken kann, da nur die dem Fenster zunächst gelegenen Luftschichten an der Luftbewegung theilnehmen und erst nach und nach die übrigen mit in den Kreis derselben gezogen werden; wenn endlich ein dauerndes Offenlassen der Fenster in Schulen, sei es wegen zu beträchtlicher Temperaturdifferenzen, sei es wegen Strassengeräusches oder auch wegen Staubmassen, welche, vom Winde aufgewirbelt, die Aussenluft erfüllen, unmöglich ist, so werden wir wohl mit Recht diesem anscheinend natürlichsten Ventilationsmittel nur geringe Bedeutung beimessen können. Zu diesem im Ganzen schwankenden und geringen Effect kommen nun noch besondere Uebelstände. Während der kühlen Jahreszeit, gar nicht zu reden vom Winter, hat das Oeffnen eines Fensters den Effect, dass der rasch eindringende, niedrig temperirte Luftstrom die Temperatur des Zimmers zu sehr herabsetzen und die zunächst am Fenster sitzenden Schüler wie ein kaltes Sturzbad treffen würde. — Alles dies bewirkt, dass das Oeffnen der Fenster während des Unterrichts überhaupt nur mit wesentlichen Einschränkungen möglich ist.

Nahezu die gleichen Verhältnisse zeigen sich beim Oeffnen der Thüren; auch hier ist, wie die unter meiner Leitung geführten Untersuchungen Dörnberger's im Kaiser und Kaiserin Friedrich-Kinder-Krankenhause ergaben, der Lüftungseffect nur dann ein bedeutender, wenn die Temperatur zwischen der Luft im Zimmer und der im Corridor einen grösseren Unterschied aufwies. War letzteres der Fall, so war bei geöffneter Thür und bei Ausschluss der Lüftungseinrichtungen überhaupt nur eine geringe Luftverschlechterung — selten über 1 p. m. Kohlensäure — zu constatiren. Nach Rietschel's Untersuchungen war der Luftaustausch zwischen einem 220 cbm grossen Klassenraum und dem 288 cbm grossen an-

[1]) A. a. O. p. 128.

liegenden Corridor bei einer Temperaturdifferenz von 5,5° C. innerhalb 5 Minuten durch die geöffnete Thür 173 cbm, also beträchtlich genug, um das Offenlassen der Thüren während der Pausen zu befürworten, natürlich aber nur dann, wenn der Corridor gross genug ist, reine Luft führt und mit den Klassenräumen eine entsprechende Temperaturdifferenz aufweist. Nicht selten aber ist die Luft in den Corridoren ebenso schlecht wie in den Schulzimmern, namentlich dann, wenn die Corridore zum Ablegen und Aufbewahren der überflüssigen Garderobe dienen. Will man in solchen Fällen gute Luft durch die Thüren den Klassenräumen zuführen, so müssen die Corridore während des Unterrichts durch Oeffnen der Fenster gelüftet werden.

Eine sehr ergiebige Lufterneuerung wird aber durch gleichzeitiges Oeffnen von Fenster und Thür unter Bildung von Luftzug erzielt. Ein solcher Luftzug schafft in der kalten Jahreszeit innerhalb 2—5 Minuten in dem Zimmer fast völlig frische Luft und verursacht nur eine geringe, schnell vorübergehende Abkühlung des Zimmers. Nach dem Gutachten des Landes-Medicinalcollegiums für das Königreich Sachsen hat sich diese Art der Lufterneuerung in Dresdener Schulen überaus gut bewährt; natürlich kann sie nur während der Pausen erfolgen, um jede Störung des Unterrichts und jede Belästigung der Schüler und Lehrer fernzuhalten; auch ist im Winter darauf zu sehen, dass nicht durch zu langes Oeffnen der Fenster und Thüren die Zimmertemperatur zu sehr herabgesetzt wird. Die Schüler müssen während der Lüftung das Zimmer verlassen haben und ergehen sich auf dem Hofe oder halten sich in anderen Räumen (Aula, Halle) auf. Nothwendig ist es auch, dass *nach* den Unterrichtsstunden, insbesondere zwischen Vor- und Nachmittagsunterricht, die Lüftung in der bezeichneten Weise erfolgt. — Wo die Verhältnisse es gestatten, werden in den Zeiten sommerlicher Hitze die Klassenfenster auch des Nachts, andernfalls des Abends bis zur Dunkelheit und des Morgens von 4 Uhr ab offen zu halten sein (Preuss. Ministerialerlass vom 24. Juni 1889).

Trotz alledem sind, wie wir erkennen, derartige Lüftungsmethoden nur Nothbehelfe, um die schlecht gewordene Luft zu entfernen. Sie genügen aber nicht zur Lösung der Aufgabe, die Luft, welche die Schulkinder während der Schulstunden athmen, überhaupt nicht, wenigstens nicht in wesentlichem Maasse, verderben zu lassen.

Wir sehen also, dass mit der Lüftung durch Fenster und Thüren im Allgemeinen in Schulen nur wenig anzufangen ist; jedenfalls

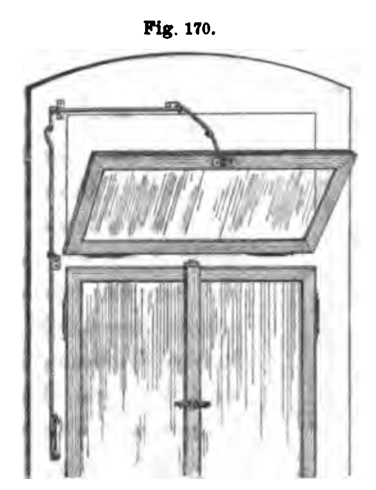
kann eine regelmässige und in jedem Moment exacte Lufterneuerung damit nicht durchgeführt werden.

Um nun wenigstens gewisse Uebelstände, welche mit dem Oeffnen der Fenster während des Unterrichts verbunden sind, zu beseitigen, hat man an und in den oberen Fenstern besondere Einrichtungen angebracht, wie Windrädchen oder Luftschrauben, Lüftungsflügel mit Spreizvorrichtungen, Jalousien aus Glas, Schiebefenster u. s. w.

Bei den Windrädchen oder Luftschrauben soll durch die Drehung die Menge der ein- und ausströmenden Luft vergrössert werden. Dieser Glaube ist aber irrig, weil schon die Drehung der Schraube einen gewissen Arbeitsaufwand erfordert, welcher von der Kraft, durch die die Luftbewegung erzeugt wird, mitgeleistet werden muss, so dass der Effect nicht vermehrt, sondern vermindert wird.

Zur Herstellung von Lüftungs- oder Klappflügeln wird die obere Scheibe eines Fensters besonders eingerahmt, am unteren Ende mit Charnieren und an beiden Seitenrändern von innen mit Blenden aus Blech in Gestalt eines rechtwinkligen Kreisausschnittes versehen. Die Scheibe ist demnach um eine horizontale Axe drehbar; sie ist aber mit einer Hemmungsvorrichtung versehen, so dass sie über die Horizontale nach abwärts nicht gesenkt werden kann, zumeist aber schräg aufwärts stehen bleibt. Geeignete Bewegungsvorkehrungen dienen zur leichten Handhabung dieser Lüftungsfenster. Derartige Constructionen verhindern das rasche Niedersinken des eindringenden kühleren Luftstromes, der eine gewisse Ablenkung nach der Decke zu erhalten hat; dieselbe hält allerdings bei kühler Witterung nicht lange an, aber wenigstens doch insoweit, um einen geringen Grad von Mischung der kalten Aussenluft mit der wärmeren Innenluft vorzubereiten. Bei Doppelfenstern werden die Klappfenster so gestaltet werden können, dass die Drehungsaxe beim Aussenfenster an der oberen, beim Innenfenster an der unteren Kante sich befindet, oder dass die beiden Fenster gekoppelt sich gleichmässig und gleichzeitig bewegen. Es giebt eine grosse Menge von

Fig. 170.



Oberfensteröffner „Frische Luft“ von Regner & Fürstenberg.

Vorrichtungen, die Oeffnung der Fenster zu bewerkstelligen. Eine davon ist beispielsweise der Patent-Oberfensteröffner „Frische Luft“ (s. Fig. 170). Mittelst eines Hebeldruckes setzt sich ein Gestänge in Bewegung, das die oberen Fensterflügel öffnet, bei Doppelfenstern sowohl die inneren wie die äusseren, und sie in jeder Schräge feststellt.

Ganz gleiche Vorrichtungen wie die Lüftungsflügel hat man in den Thüren der Schulzimmer und selbst in den nach den Corridoren zu liegenden Wänden angebracht in der Absicht, bei sehr bedeutenden Temperaturdifferenzen zwar frische, aber nicht allzukalte Luft in die Zimmer eintreten zu lassen. Natürlich sind diese Vorrichtungen nur dann von Werth, wenn die Corridorluft rein ist und wenn nicht, wie es Rietschel beobachtet hat, die schlechte Luft des einen Zimmers durch die Thüröffnungen in das gegenüberliegende Zimmer dringt.

Man hat ferner versucht, durch Anwendung von stellbaren Glasjalousien, welche im oberen Theile der Fenster statt der einfachen Glasscheiben eingefügt sind, die Nachtheile der Luftzufuhr durch die Fenster zu beseitigen. Durch die verschiedene Schrägstellung der Jalousien lässt sich zwar der Lufteintritt einigermassen reguliren, aber für eine ausreichende Lüftung von Schulräumen sind sie keineswegs ausreichend.

Fig. 171.

b

a

Fensterverglasung nach Castaning.

Für die Lüftung durch die Fenster hat ferner Castaning (s. Fig. 171) ein System der Verglasung angegeben, das aus zwei parallelen, in einer Entfernung von 8—10 cm befindlichen Glasscheiben besteht, welche wie die Scheiben der Doppelfenster eingesetzt sind. Die äussere Scheibe bleibt 4 cm von der unteren Sprosse a, die innere ebensoviel von der oberen Sprosse b entfernt. Die Luft strömt nun in der durch Pfeile angedeuteten Richtung durch die äussere Oeffnung in den Raum zwischen beiden Scheiben, wird hier an der inneren etwas wärmeren Scheibe im Winter angewärmt und tritt nun in das Zimmer. Kotelmann empfiehlt, die innere Oeffnung durch eine Klappe von Blech oder besser von Glas verschliessbar zu machen, damit bei Sturm oder grosser Kälte der Luftzutritt verhindert werde. Ebenso können auch die freien Kanten der Glasscheiben durch dünne Profilleisten verstärkt werden, um das Zerbrechen zu verhüten.

Die luftführenden Canäle und Oeffnungen.

Für die Durchführung einer geordneten Lüftung kommen ausser den Mitteln, durch welche die Luft in Bewegung gesetzt wird, namentlich auch die leitenden Wege in Betracht. Einrichtungen und Maass dieser luftführenden Canäle und Oeffnungen, die einen wesentlichen Bestandtheil der nun folgenden Ventilationsvorkehrungen bilden, müssen genau bestimmt werden, wenn der beabsichtigte Lüftungseffect erreicht werden soll. Nichts rächt sich mehr als Fehler in der Anlage, da dieselben sich nur in den seltensten Fällen vollkommen beseitigen lassen, vielmehr zu stetigen Klagen Veranlassung geben.

Da bei der Ventilation für Zuleitung reiner Luft und für Abführung der unreinen Luft Sorge zu tragen ist, so haben wir bei jeder Lüftungsanlage die Zuführungscanäle und -Oeffnungen wie auch die Ableitungscanäle und -Oeffnungen zu betrachten.

I. Die luftzuführenden Canäle und Oeffnungen.

Bezüglich der Zuleitung frischer Luft ist schon bei der Luftheizung mancherlei ausgeführt worden (p. 439 ff.). Es war dort von der Entnahme, Reinigung, Befeuchtung, Erwärmung der Luft und Führung derselben nach den Zimmern durch passend angelegte Canäle die Rede. Alles dort Ausgeführte trifft auch für die eigentlichen Zuleitungsschächte der Zuluft zu.

Es wäre das Einfachste, jedes Zimmer durch ein Zuleitungsrohr mit der Aussenluft in Verbindung zu setzen, um so frische Luft dem Raume zuzuführen. Diese Vorrichtung ist jedoch nicht zu empfehlen, weil die einströmende Luft im Winter zu kalt ist, Verunreinigungen mit der Luft eindringen, der Wind Störungen hervorbringt und die Reinheit der Luft an sich nicht immer sicher gestellt ist. In erster Reihe muss, um die Belästigung der Schüler durch die niedrige Temperatur der eingeführten Luft zu beseitigen, die Frischluft vorgewärmt werden. Es ist bereits bei der Heizung ausgeführt worden, wie die Zuführung der Luft in den Mantelraum der Ventilationsöfen diesen Bedingungen nachzukommen versucht; indess haben derartige Anlagen, abgesehen davon, dass der Lüftungseffect ein überaus schwankender ist, den Nachtheil, dass die Einflüsse der Richtung und Stärke des Windes selbst durch Anwendung von

Klappen, Schiebern u. s. w. nur unvollkommen zu beseitigen sind, dass Staub und andere Verunreinigungen mit eingeführt werden und dass für jeden Zuleitungscanal eine besondere Regulirungsvorrichtung nothwendig wird. Selbst wenn die Zuführung der Luft nach den Heizöfen durch etwas längere Canäle erfolgt und so ein Theil des Staubes abgelagert würde, ist diese Anordnung nach Rietschel vom hygienischen Standpunkte niemals zu empfehlen, sondern nur als Nothbehelf anzusehen.

Zwar lassen sich einzelne Nachtheile dadurch beseitigen, dass die Zuführungscanäle die Luft nicht von aussen, sondern von den Corridoren entnehmen; aber dies setzt voraus, dass letztere Räume und die Treppenhäuser mit ausreichenden Ventilationsanlagen versehen sind. Immer wird daher zur Durchführung einer exacten Lüftung eine centralisirte Zufuhr der Frischluft die einzig richtige Anordnung sein. So kommt auch Rietschel [1]) zu dem Schlusse, dass die vollkommenste Zuluftanlage diejenige ist, bei welcher zunächst gemeinsame Entnahme und Reinigung der Luft (Staubkammern) und Vorwärmung derselben an einem Heizapparate innerhalb eines besonderen Raumes (Heizkammer) erfolgt. Am zweckmässigsten für die Anlage der Heizkammer sind die Kellerräume, da die Wirkung einer jeden Lüftungsanlage bei sonst richtig gewählten Abmessungen eine um so grössere ist, je höher die warme Luftsäule ist. Die Erwärmung der Luft geschieht hier durch Apparate, wie sie bei den Centralheizungen gebraucht werden. Sicherlich ist die centralisirte Vorwärmung einfacher und zuverlässiger, als wenn die Frischluft ungewärmt bis zu den einzelnen Räumen geleitet wird und erst an den hier vorhandenen Oefen bezw. Centralheizkörpern erwärmt wird. Von der Vorwärmekammer erfolgt die Zuführung der Luft nach den einzelnen Räumen entweder unmittelbar von der Kammer aus oder erst nach Vertheilung durch einen horizontalen Vertheilungscanal und zwar in getrennten aufsteigenden Canälen. In jedem Zuluftcanal müssen Regulirungsvorrichtungen vorgesehen werden, um einzelne Räume, die nicht benutzt werden, abzuschliessen und die Luftzufuhr zu regeln.

Die Lage der Einströmungs- und, wie hier sogleich bemerkt werden kann, auch der Abzugsöffnungen darf nicht willkürlich gewählt werden, sondern sie muss bestimmt werden nach der Beschaffenheit der Luft an den verschiedenen Stellen des Zimmers bezw. nach dem Verlauf der Luftströmungen innerhalb desselben.

---

[1]) Rietschel, Leitfaden, p. 16.



Die Untersuchungen von J. F. Campbell über die in geheizten Räumen stattfindende Luftbewegung hatten zu dem Ergebniss geführt, dass die Luft vom Ofen mit einer Kraft von 14—30 g per Quadratfuss aufsteigt, sich an der Decke des Zimmers entlang bewegt, von hier aus, an Wänden und Decken sich mehr und mehr abkühlend, niedersinkt und vom Fussboden endlich nach dem Ofen wieder zurückströmt. Aus dieser Art der Luftbewegung einerseits, welche eine dauernde Mischung der oberen und unteren Luftschichten eines Raumes kund thut, und der Diffusionsneigung der Gase andererseits konnte man erwarten, dass in einem Raume die Luft oben wie unten kaum von einander verschieden sei. Wenn dies auch im Allgemeinen als richtig angenommen werden kann, und wenn auch Roscoe und v. Pettenkofer nachgewiesen haben, dass der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft an der Decke kaum höher war als am Fussboden, so trifft dies doch unter den Bedingungen, die im Schulzimmer herrschen, nicht völlig zu; hier ergiebt sich, wie z. B. die Untersuchungen von Rietschel gezeigt haben, an der Decke nicht nur ein höherer Kohlensäuregehalt, sondern auch eine höhere Temperatur als am Fussboden, und diese Differenzen werden beeinflusst durch die verschiedensten Factoren, wie Temperatur der Zimmerluft, Besetzung des Zimmers, Art des Ventilationssystems, künstliche Beleuchtung u. s. w.

Da die Ventilation den verschiedensten Bedingungen angepasst werden muss, so ist es auch nicht möglich, eine für alle Fälle gültige Norm für die Anlage der Einströmungsöffnungen anzugeben. Im Allgemeinen ist Folgendes zu beachten: Es wird sehr genau zu unterscheiden sein, ob die einströmende frische Luft kühler oder wärmer als die Zimmerluft ist. Nicht vorgewärmte Luft wird man niemals in der Nähe des Fussbodens direct einströmen lassen dürfen, weil die entstehende Zugluft unbehaglich und bei erheblichen Temperaturdifferenzen unerträglich sein würde. Der nicht vorgewärmten Luft wäre — und dies ist allerdings wohl bei der Mehrzahl derjenigen Räume der Fall, welche durch locale Ventilationsöfen geheizt werden — der Eintritt am Fussboden nur dann zu gestatten, wenn dieselbe nicht mit der Luft des Zimmerraumes sich direct vermischt, sondern in den Luftraum zwischen Mantel des Ofens und Heizrohr einmündet und dort erwärmt wird. Wenn Centralheizkörper im Zimmer aufgestellt sind, so erfolgt der Lufteintritt in der Regel über denselben; die einströmende kühlere Luft wird von dem aufsteigenden warmen Luftstrom erfasst, mischt

sich mit demselben und wird nun an der Zimmerdecke entlang getrieben. Allgemein wird angenommen, dass die Luft in einer Höhe von etwa 2 m über dem Fussboden einströmen und keine grössere Geschwindigkeit als 1 m in der Sekunde haben soll. Rietschel hält es aber für rathsamer, die Einströmung nach der Decke zu verlegen und die Geschwindigkeit möglichst gross anzunehmen, bis zu 2 m, bei Drucklüftungen sogar bis zu 2,5 m pro Sekunde. Er begründet dies damit, dass, wenn die einströmende Luft kühler ist als die im Klassenraum befindliche, dieselbe bei geringer Geschwindigkeit sich zu rasch nach unten senkt und stärkere Zugerscheinungen hervorruft, je näher die Einströmungsöffnung den Schülerplätzen liegt; dies kann vermieden werden, wenn man die Luft mit grösserer Geschwindigkeit weiter in das Zimmer hineintreibt; es wird so benachbarte wärmere Luft in lebhafte Bewegung gesetzt, und es erfolgt eine raschere Mischung der Luftschichten.

Vorgewärmter Luft wird der Eintritt am Fussboden oder in der Nähe desselben schon eher zu gestatten sein, aber nicht immer. Bei Temperaturdifferenzen zwischen der einströmenden und der im Zimmer befindlichen Luft wird die warme Luft schnell nach oben gedrängt und eine lebhafte Bewegung der Zimmerluft hervorgerufen, so dass Zugerscheinungen entstehen können. Um diese zu vermeiden, muss die Geschwindigkeit der einströmenden Luft zu ihrer Temperatur in bestimmtem Verhältniss stehen. So geben Lex und Roth an, dass ein auf 14 bis 16° erwärmter Luftstrom bei 0,5 m Geschwindigkeit nicht, bei 0,8 m Geschwindigkeit oft nicht, bei 1 m indess von den meisten Menschen unbehaglich empfunden wird. Bei 21° werden noch stärkere Strömungen nicht gespürt, bei 26—32° wird das Gefühl indess wieder empfänglicher dafür. Die am Boden einströmende Luft wird auch den hier stets befindlichen Staub aufwirbeln und ihn, mit sich fortreissend, in dem ganzen Zimmer verbreiten, ein gewiss wichtiges Moment; dies Alles zu vermeiden, thut man also gut, die Luft nahe der Decke in den Raum eintreten zu lassen. Rietschel empfiehlt auch, die Luft in einem Winkel von etwa 30° gegen die Decke ausströmen zu lassen und zwar nach der Richtung hin, wo das Schulzimmer seine grösste Ausdehnung hat, also thunlichst in der Richtung der Diagonale, weil sie sich alsdann, an der Decke entlang bewegend, allmählich am besten verbreitet.

Von dieser allgemeinen Regel muss man freilich in den Fällen abgehen, wo man der einströmenden Luft neben der Lüftung auch zugleich die Erwärmung des Raumes zugetheilt hat. In diesem

Falle ist die Erwärmung des Zimmers schneller und sicherer zu erreichen, wenn die Luft in der Nähe des Fussbodens mit lebhafter Geschwindigkeit einströmt. Es ist von diesen Dingen gelegentlich der Heizung schon die Rede gewesen.

Die Geschwindigkeit der einströmenden Luft soll, wie oben ausgeführt ist, zur Vermeidung von Zugerscheinungen nicht eine zu grosse sein, und doch ist ein bestimmter Luftwechsel pro Stunde erforderlich. Es fragt sich darum, wie oft in der Stunde die Luft eines Zimmers erneuert werden kann, ohne dass die Insassen von Zugwirkungen zu leiden haben. Wie in dem „Berichte über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden“ (Berlin 1879) mitgetheilt wird, ist es nicht möglich, mehr als eine dreimalige Lufterneuerung eines Raumes auszuführen, ohne Zugerscheinungen hervorzurufen. Demgegenüber hat Dörnberger bei einer viermaligen Lufterneuerung des Zimmers vermittelst Zuluft- und Abluftcanales nichts von Zugluft bemerkt; ebenso Budde nicht bei fünfmaliger Lufterneuerung ohne Vorwärmung. Auch Rietschel konnte constatiren, dass bei Steigerung des Luftwechsels bis auf das Fünffache des Rauminhaltes weder von Lehrern noch von Schülern Zugerscheinungen wahrgenommen wurden. In jedem Falle wird man die Zuströmung genügender Luftmengen und den 2—3maligen Luftwechsel per Kopf und Stunde ohne Zugluft dadurch erreichen können, dass man eine grössere Anzahl von Einströmungsstellen anlegt; dies hat noch den Vortheil, dass man dieselben in dem Raume gleichmässig vertheilen kann.

II. Die luftabführenden Canäle und Oeffnungen.

Geht man von der Annahme aus, dass die Luft der Schulzimmer an der Decke und am Fussboden gleiche Beschaffenheit aufweise, so erscheint es völlig gleichgültig, ob man die Abluftöffnungen in der Nähe der Zimmerdecke oder am Fussboden anlegt. Indess sind gewisse Umstände doch zu berücksichtigen, welche die Art der Anlage der Abluftöffnungen beeinflussen. Legt man die Abzugsöffnungen in die Nähe der Decke, so gehen bei den üblichen Heizungsvorrichtungen erhebliche Wärmemengen und zwar in Form erwärmter und, falls die Einströmungsöffnung für die Frischluft sich oben befindet, noch unverbrauchter Luft verloren, weil die Luft auf dem directesten Wege wieder abströmt. Um dies zu vermeiden, legt man zwei Ausströmungsöffnungen an, die eine in der Nähe des Fussbodens,

die andere in der Nähe der Decke, beide in der Regel in denselben Canal mündend. Die untere Ausströmungsöffnung dient zur Abfuhr der abgekühlten verbrauchten Luft; sie tritt hauptsächlich während des Winters in Wirksamkeit, wenn das Zimmer noch nicht ausreichend erwärmt ist. Die obere Oeffnung soll die warme verbrauchte Luft ableiten; sie wird in Thätigkeit gesetzt, wenn es darauf ankommt, einen Ueberschuss an Wärme aus den zu lüftenden Räumen zu entfernen; dieser Fall kann nicht nur im Sommer, sondern auch während der Heizperiode eintreten. Die Benutzung der unteren Abluftöffnung bezeichnet man gewöhnlich als Winterventilation, die der oberen Oeffnung als Sommerventilation. Wenn aber in der heissen Sommerzeit die Temperatur der Zimmer geringer ist als die Aussentemperatur, so versagt die obere Oeffnung ihren Dienst; es fehlt der Auftrieb, ja es kann eine rückläufige Bewegung der Luft in dem Abluftcanal eintreten. Einen Nutzen hat die obere Oeffnung in dieser Zeit nur dann, wenn treibende Kräfte (Wärme, Wasser, maschineller Betrieb) wirksam sind. — In den neueren Berliner Schulen sind die Ein- und Ausströmungsöffnungen so angeordnet, wie vorstehend beschrieben ist; für die Sommerventilation eine Oeffnung in der Nähe der Decke, für die Winterventilation am Fussboden, beide durch Klappen verschliessbar. Von Rietschel und Henneberg sind beide Oeffnungen in der Regel senkrecht über einander angebracht und die Klappenzüge durch eine Stange so verbunden, dass stets die eine Oeffnung offen steht, wenn die andere durch die Klappe geschlossen ist. Damit ist eine Abführung der Luft in jedem Falle gesichert. — Die Einströmungsöffnung für frische Luft ist hierbei 2 m vom Boden in einer inneren Wand angebracht. In den älteren Schulen, so in den von Gerstenberg beschriebenen Gemeindeschulen (Ackerstrasse, Kastanienallee u. s. w.) findet sich (bei Wasserheizung) eine der ebengenannten entgegengesetzte Anordnung; dort findet die Abführung der verdorbenen Luft durch eine Oeffnung an der Decke statt; die frische Luft wird kalt in den zwischen Mantel des Wasserheizofens und den Wasserröhren gelegenen Luftraum hineingeführt, daselbst erwärmt und oberhalb des Mantels der Zimmerluft beigemischt; ein angebrachtes Schiebewerk gestattet indess, die Luft auch direct ins Zimmer treten zu lassen.

Von Wichtigkeit ist die Lage der Abluftöffnungen und des Abluftcanales zu den Oeffnungen des luftzuführenden Canales. Nach Beraneck ist die Anordnung des Abluftschlotes in geringem wage-

rechten Abstande von der Einströmungsöffnung am zweckmässigsten, also beide in derselben Wand nicht weit von einander entfernt; dann ergiebt sich an allen Stellen des Raumes ein möglichst gleichmässiger Luftwechsel, so dass die todten Ecken vermieden sind. Ist dagegen der Abluftcanal entfernt von den Einströmungsöffnungen, z. B. an gegenüberliegenden Wänden, so erfolgt die Luftbewegung nicht mehr in wagerechten, sich senkenden Schichten; der Weg, den die Luft nimmt, ist dann im Allgemeinen in seiner horizontalen Projection durch die Verbindungslinie zwischen Zuluft- und Abluftcanal vorgezeichnet, so dass in den Ecken des Zimmers Winkel bleiben, in denen keine Lufterneuerung stattfindet. Bei jener ersten Anordnung, bei welcher beide Canäle dicht neben einander liegen, gelangt die frische Luft nicht auf dem kürzesten Wege zur Ausströmungsöffnung, weil dies durch die verschiedene Höhenlage der beiden Oeffnungen verhindert wird.

Was die Führung der Abluftcanäle anbelangt, so kann diese in der verschiedensten Weise gestaltet werden.

a) Das Einfachste wäre es, die verbrauchte Luft des Zimmers durch ein direct nach aussen gehendes wagerechtes Rohr abzuführen bezw. für diesen Zweck die geöffneten Fenster zu benutzen; allein diese Maassnahme ist unzureichend, weil zumeist weniger verbrauchte Luft abzieht, als kalte Luft einströmt, so dass der beabsichtigte Zweck nicht erreicht wird. Die Führung der Abluftöffnungen nach dem Corridore erweist sich als noch schlechter; zwar ist das Eindringen zu kalter Luft verhindert, aber die Corridorluft wird verunreinigt, und bei immer vorhandenen Rückströmungen kann leicht gerade der Effect entstehen, dass schlechte Luft aus den Corridoren in die Zimmer getrieben wird.

b) Am zweckmässigsten ist es, von jedem zu lüftenden Raume einen besonderen Abluftcanal bis in den Dachbodenraum oder über das Dach hinaus ins Freie zu führen. Die Endigung im Dachbodenraum hat zwar den Vortheil, dass die Mündungen der Canäle den atmosphärischen Einflüssen, wie Sonne, Wind, Regen, nicht direct ausgesetzt sind, ist aber trotzdem wenig empfehlenswerth, weil sich an kühlen Tagen im Dachbodenraum Schweisswasser bildet, das Veranlassung zur Fäulniss des Holzes giebt, und weil auch ein Theil der verbrauchten Luft im Hause bleibt, wo sie abgekühlt wird und sich wieder einen Weg in die tiefer liegenden Räume suchen kann. Lässt man die Abführungscanäle aber doch im Dachbodenraum enden, so muss man für eine sorgfältige Entlüftung desselben

sorgen, was am besten durch über Dach geführte Schächte geschieht, die mit Kappen gegen das Eindringen von Niederschlägen versehen sind. Am vortheilhaftesten bleibt es immer, wenn die Canäle direct über Dach geführt und die ungünstigen Wirkungen von Sonne, Wind und Niederschlägen auf ihre Mündungen durch Anbringung von Schutzkappen, Luftsaugern oder ähnlichen Einrichtungen, von welchen sogleich die Rede sein wird, aufgehoben werden.

Der Abluftcanal muss möglichst senkrecht aufsteigen, falls die Bewegung der Luft einzig und allein durch die natürlichen Temperaturdifferenzen zwischen aussen und innen bewerkstelligt wird. Aus den Gesetzen der Luftbewegung in communicirenden Röhren würde man theoretisch die Annahme zu machen haben, dass es besser ist, die Abluftcanäle zunächst aus jedem Zimmer bis zur Kellersohle hinab und hier in aufsteigende Canäle überzuführen, weil sonst, wenn man aus den einzelnen Stockwerken die Abflusscanäle in senkrechter Richtung direct emporsteigen lässt, die Auftriebskraft um das Maass der Höhe des Stockwerkes geringer sein würde. Theoretisch ist dies sicher richtig. In der Praxis stellt sich das Verhältniss indess anders. Die aufsaugende Kraft muss begreiflicherweise in dem Verhältnisse gesteigert sein, als die Kraftmenge beträgt, welche die in dem abwärts geführten Canale befindliche Luftsäule zu ihrer Fortbewegung erheischt. So fand auch Rietschel, dass die Rückleitung der Luft nach dem Keller und von da durch einen Abzugscanal über Dach in Bezug auf den dadurch erreichten Luftwechsel nicht so günstige Resultate aufwies, wie man auf Grund theoretischer Berechnungen hätte annehmen müssen. Wenn aber die bewegende Kraft durch Erwärmung oder durch mechanische Mittel bedingt bezw. vergrössert wird, dann können die Einzelcanäle ohne Bedenken auch fallend angelegt werden (über diese Mittel zur Luftbewegung s. das nächste Capitel: Technik der Aspirationsventilation).

Obwohl die Anlage eines eigenen, bis unter oder über Dach führenden Abluftcanales für jedes Zimmer seine grossen Vortheile hat, weil sie die Fortleitung der Abluft für jedes Zimmer unabhängig von derjenigen anderer Räume gestattet, so hat man doch auch die Einrichtung getroffen, die aus den einzelnen Zimmern kommenden Einzelcanäle in grosse Sammelcanäle zusammenzufassen und durch diese die verbrauchte Luft ins Freie zu führen, weil dann die grosse Zahl der hochzuführenden Einzelcanäle vermieden ist und auch die für die Bewegung der Luft mittelst Erwärmung oder mechanischer Mittel erforderlichen Einrichtungen auf die Mindest-

zahl ermässigt werden können, um die gesammte Abluft eines grösseren Gebäudes in Bewegung zu halten und zu entfernen. Danach ergeben sich also für die Führung der Sammelcanäle folgende Verhältnisse:

c) Der Sammelcanal wird im Dachbodenraum ausgeführt und nimmt die aus den einzelnen Zimmern geführten Einzelcanäle auf, deren Luft er direct über Dach leitet.

d) Der Sammelcanal wird im Keller ausgeführt, wo er die aus den einzelnen Zimmern geführten Einzelcanäle aufnimmt, und von wo aus er bis in den Dachbodenraum oder über Dach geht.

e) Die Einzelcanäle werden zunächst in je einem in jedem Stockwerke liegenden Sammelcanale vereinigt, der dann entweder gleich aufsteigend oder erst fallend und dann aufsteigend fortgeführt wird und nun über dem Dache mündet.

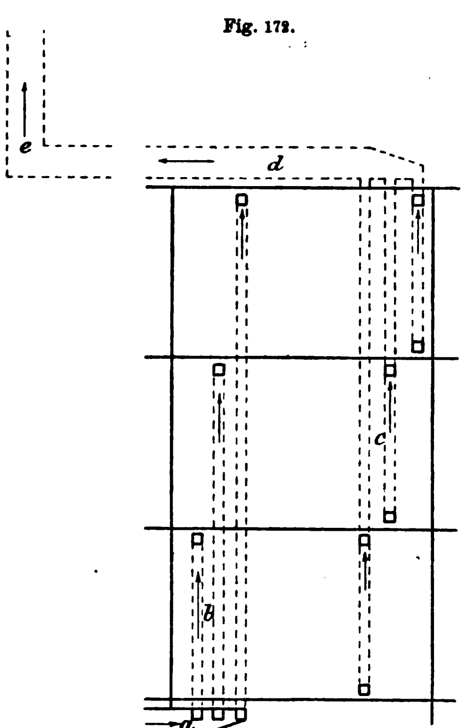
Für die Sammelcanäle gelten gleichfalls die Bedingungen, die bei den Einzelcanälen Erwähnung gefunden haben; namentlich ist darauf zu achten, dass dann, wenn die Luft nur durch die natürlichen Temperaturdifferenzen in Bewegung gesetzt wird, die Abluftcanäle möglichst direct senkrecht aufsteigend geführt werden, weil sonst durch zu grosse Reibungswiderstände der Entlüftung Schwierigkeiten entstehen, welche unter Umständen den Effect vernichten können.

Es ist ferner zu bedenken, dass, wenn die Anordnung getroffen ist, die Abluft aus mehreren Räumen in dem Sammelcanal vereinigt dem Abzugsschlot zuzuleiten, geradezu schädliche Luftstauungen entstehen können, sofern die Luft nicht durch irgend eine besondere Kraft in ausströmende Bewegung gebracht wird. Es kann der Fall eintreten, dass sich die Bewegung im Canale umkehrt, so dass die Abluft von einem Raum in den andern getrieben wird. Wolffhügel hat diesen Vorgang des Umkehrens der Luftbewegung wiederholt beobachtet. — Dabei ist es ohne Unterschied, ob die Einzelcanäle an- oder absteigend, ob die Sammelcanäle auf dem Dachboden, im Kellerraum oder in jedem Stockwerke angeordnet sind. Für die bezeichnete Umkehr können mancherlei Umstände begünstigend wirken, z. B. ungeeignete Querschnittsverhältnisse und Wärmebedingungen der Einzelcanäle und des Sammelcanals, unberufene Eingriffe (Oeffnen der Fenster u. dergl.), ungleichmässige Benutzung und verschiedene Erwärmung der Räume bezw. Stockwerke, Saugwirkung des Windes an den Eintrittsstellen der Frischluft u. s. w.

Fig. 172 giebt einen Einblick in die Anlage der Zu- und Ab-

luftcanäle für drei über einander liegende Zimmer mit Dachgeschoss. Im Kellerraum befindet sich der Kanal a, der die Luft von aussen nach den unteren Oeffnungen der einzelnen Zuluftcanäle b führt. Jedes Zimmer erhält seinen eigenen senkrecht aufsteigenden Zuluftcanal, dessen Mündung, durch welche die Luft in das Zimmer tritt, dicht unter der Decke liegt. Von jedem Zimmer führt ein Abluftcanal c, der mit einer oberen und einer unteren Oeffnung versehen ist, nach dem Dachgeschoss, wo sich alle Canäle in ein Sammelrohr d vereinigen, das dann durch einen senkrechten Schlot e die Luft nach aussen führt.

Fig. 172.



Anlage der Zu- und Abluftcanäle nebst Sammelrohr im Dachbodenraum (nach Rietschel).

Die Mündungen der luftführenden Canäle mit Gittern zu versehen, ist eigentlich nicht empfehlenswerth, weil diese leicht den Querschnitt der Einströmungsöffnungen verringern und auch die Reinigung der Canäle erschweren. Gitter werden aber dennoch angewandt, weil von den Schülern mit den Abluftöffnungen Unfug getrieben wird, Papierstücke u. s. w. in die Canäle geworfen werden; die freien Oeffnungen der Gitter dürfen dann aber in ihrer Gesammtheit nicht kleiner sein als der Querschnitt der Canäle (s. auch die Gitter bei der Luftheizung p. 454).

Die von den Zimmern senkrecht ausgehenden Luftableitungscanäle dürfen im Allgemeinen nicht in den Aussenwänden angelegt werden, weil hier durch Windströmungen oder durch zu niedrige Aussentemperaturen Störungen in der Luftbewegung, zuweilen wohl gar vollständige Umkehrungen derselben eintreten können. Nur dann, wenn die Abluft nach dem Keller geführt und hier durch irgend eine Kraft weitergetrieben wird, ist gegen die Anlage dieser Canäle in den Aussenwänden nichts einzuwenden. Am besten liegen

die Canäle in den Wänden, die an den Corridor stossen, weil von letzterem aus die Stellung der Vorrichtungen zur Regelung des Luftabzuges am bequemsten vorzunehmen ist.

Für die Schule ist endlich noch das Eine ins Auge zu fassen, dass die Schallleitungen durch die Canäle von einem Raume zum andern bei centraler Ventilationsanlage verhindert werden müssen. Erhält jedes Zimmer seinen eigenen Zuführungscanal sowie seinen eigenen Abluftcanal, wird ausserdem der Sammelcanal in der Nähe des Zimmers vermieden, so können Schallübertragungen nicht erfolgen.

Die Grösse der Oeffnungen und die Weite der Canäle ist abhängig von der Luftmenge, welche dem einzelnen zu ventilirenden Klassenzimmer zugeführt werden muss, und von der Geschwindigkeit, mit welcher die Luft erlaubtermassen einzuströmen hat. Was diese beiden Punkte betrifft, so sind dieselben bereits ausführlich besprochen worden, und der Techniker wird sie mit Berücksichtigung der baulichen Interessen in Einklang zu bringen haben. Die Volumina der in Bewegung gesetzten Luft berechnen sich nach den p. 452 ff. gegebenen Formeln. Es ergiebt sich durch ein einfaches Rechenexempel, dass die so beliebte Einströmungsöffnung von $^1/_{16}$ qm nicht genügt, einem für 50 Schüler berechneten Klassenzimmer die gehörige Luftmenge zuzuführen, wenn anders die Luft die Normalgeschwindigkeit behalten soll; man wird daher die Oeffnung grösser machen oder mehrere Oeffnungen anzubringen haben. Dasselbe gilt natürlich für die Ausströmungsöffnungen. Nichts ist verderblicher für ein Ventilationssystem als Fehler in der Berechnung der Proportionen der Luftcanäle und Ausführungsöffnungen; denn davon hängt die ganze Leistungsfähigkeit desselben ab. In den Berliner Schulen ist die Weite der Canäle in der Regel

im Erdgeschoss	26/38 cm,
„ I. Stock	26/32 „
„ II. „	26/26 „

Dieselben Verhältnisse haben die Ein- und Ausströmungsöffnungen für die Luft.

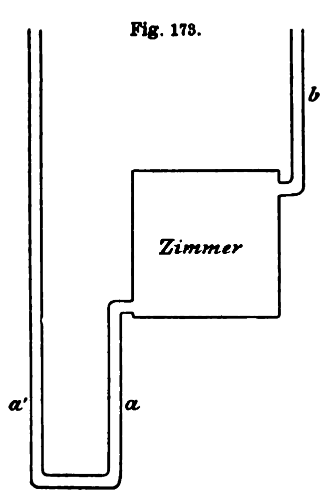
Wären die Canäle und die mit ihnen in Verbindung stehenden Räume völlig undurchlässig hergestellt, so müsste durch den Abluftcanal die gleiche Luftmenge abfliessen, wie durch den Zuluftcanal eingeströmt ist. Nun sind aber die Canäle und die Klassenzimmer keineswegs absolut luftdicht geschlossene Räume, so dass die Ab-

hängigkeit der Wirkung der luftführenden Canäle von einander mehr oder weniger aufgehoben wird. Rietschel[1]) führt aus, dass die Abhängigkeit um so mehr verschwindet, je grösser die Räume und je dünner die Wände sind, je schlechter die Thüren und Fenster schliessen u. s. w.; er fand Räume, bei denen das Schliessen der Zuluftcanäle ohne jeden nachweisbaren Einfluss auf die Wirkung des Abluftcanales war, allerdings auch kleine, sehr geschützt gelegene Räume — nicht Klassenräume —, in denen mit Unterbrechung der Lufteinführung sofort die Nachweisbarkeit der Luftabführung aufhörte. Namentlich zeigte sich, dass die Unterbrechung der Zuleitung von Luft bei Luftheizungen eine grössere Beeinträchtigung des Luftwechsels zur Folge hatte als die Unterbrechung der Luftableitung. Es kommt also in Schulen zur Erzielung des Luftwechsels weit mehr auf das Offenhalten der Zuluftcanäle als auf das der Abluftcanäle an.

Technik der Aspirationsventilation.

Nehmen wir an, dass vom Boden eines Schulzimmers (s. Fig. 173) ein Canal a nach der Kellersohle des Gebäudes geht und daselbst in einen andern Canal a′ einmündet, welcher über den First des Hauses hinausragt, und dass ferner ein Canal b aus der freien Atmosphäre nach demselben Zimmer führt, so repräsentiren die beiden durch das Schulzimmer verbundenen Canäle a (a′) und b eine communicirende Röhre, deren Mittelstück durch das Schulzimmer gegeben ist. Ist dieses System mit Luft gleicher Temperatur und gleicher Mischung erfüllt, so befindet sich die ganze Luftsäule in Ruhe. Denken wir uns nunmehr, dass die Luft in dem von der Kellersohle aufsteigenden Rohr a′ durch eine Wärmequelle erwärmt wird, so wird, wie nicht anders möglich, die in ihm enthaltene Luft leichter, und sie wird von der kälteren Luft des anderen Rohrstückes und des Zwischenstückes (Canal und Schulzimmer) in die Höhe geschoben, oder es

Fig. 173.



Ventilation durch Canäle.

[1]) A. a. O. p. 12 ff.

wird, wie man sich ebenfalls ausdrücken kann, die kältere Luft im Canal und Schulzimmer von der leichter gewordenen Schornsteinluft angesogen. Man nennt deshalb den Vorgang Aspiration und die Methode der Lufterneuerung Aspirationsventilation. Dieselbe Luftbewegung kann auch entstehen, wenn über die obere Oeffnung des Canales a′ der Wind streicht und eine Verdünnung der in den obersten Theilen des Rohres befindlichen Luft erzeugt. Letztere wirkt nun ansaugend auf die darunter liegenden Luftschichten und bringt diese in ausströmende Bewegung. In demselben Maasse, wie durch a′ Luft abfliesst, strömt durch b atmosphärische Luft in die Anlage ein. Das Stück b der communicirenden Röhre, das dem Schulzimmer frische Luft zuführt, ist dann der von uns in den voranstehenden Erörterungen als Zuluft- oder Frischluftcanal, dasjenige Stück, das die schlechte Luft vom Zimmer abführt, a und a′, als Abluftcanal bezeichnete Schlot.

Aspirationsventilation ist schon bei jedem Ofenfeuer und bei jedem Kaminfeuer vorhanden, indess nur dann, wenn die Feuerung vom Zimmer aus und nicht von aussen her bedient wird. Die Erwartungen auf die ventilatorische Kraft der Oefen sind allerdings stets sehr hoch gespannt gewesen, bis v. Pettenkofer das Maass des dadurch erreichbaren Ventilationseffectes festgestellt und nur sehr beschränkte Grenzen gefunden hat. Wenn in dem p. 516 erwähnten Versuche bei Temperaturdifferenz von 19° C. in einer Stunde 75 cbm Luft durch die Zimmerwände von aussen eindrangen, so stieg der Luftwechsel, als nunmehr bei Gleichbleiben der übrigen Verhältnisse ein lebhaftes Feuer im Ofen brannte, in der Stunde auf 94 cbm, also um 19 cbm = 25 %. Da nun, wie oben begründet wurde, die pro Kopf und Stunde zu bemessende Lüftungsgrösse etwa 25 cbm ist, so ist ein Ofen kaum im Stande, den für einen Menschen nothwendigen Luftbedarf zu aspiriren, ein Beweis dafür, dass für einen besetzten Raum, wie das Schulzimmer ihn darbietet, die durch das Ofenfeuer erzeugte Lüftungsgrösse kaum in Anrechnung kommt. Der Ofen ist eine gute Wärmequelle, aber ein äusserst mangelhafter Ventilator; denn ganz abgesehen von dem durchaus unzureichenden Effect ist die vom Ofen ausgehende Lüftung schon deshalb mangelhaft und für die Schule unbrauchbar, weil die durch die Fenster, Thüren und Poren des Mauerwerks durchdringende kühlere Luft auf dem kürzesten Wege nach ihrem Ziele, dem Ofenfeuer, dringt, und solchermassen nur einem geringen Theile der Zimmerluft wirkliche Erneuerung zu Theil wird.

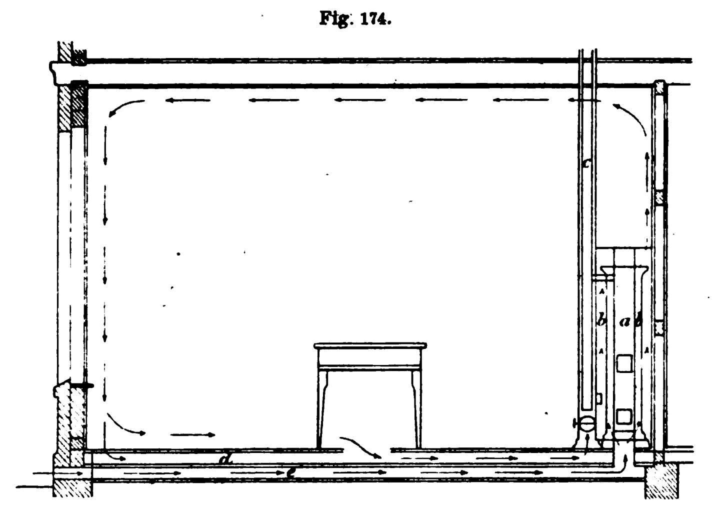
Besseren und umfangreicheren ventilatorischen Effect als der einfache Ofen bietet der **Kamin**. Man hat die Menge der Luft, welche ein mittelgrosser Kamin in einem mässig grossen Raume und bei mässigem Feuer aus dem Zimmer führt, auf 1000—1500 cbm pro Stunde berechnet. Bei der Forderung einer Luftzuführung von 25 cbm pro Schulkind und Stunde würde ein einfaches Kaminfeuer für 40—60 Kinder eine einmalige Lufterneuerung des Zimmers in der Stunde ermöglichen, was zwar nicht ausreichend, aber doch schon sehr erheblich ist. Nichtsdestoweniger ist auch der Kamin, wenigstens der gewöhnliche, nicht im Stande, der Schule zu genügen, und zwar aus mehrfachen Gründen. Das Kaminfeuer übt nämlich in dem Maasse, als es zur Lüftung dient, einen so mächtigen Zug auf den durch Fenster und Thüren dringenden Luftstrom aus, dass das Eindringen des letzteren aufs Höchste unbehaglich und bei grosser Kälte unerträglich wird; ferner ist aber, wie früher schon erwähnt wurde, das Kaminfeuer ein ausserordentlich unöconomisches. Von dem Volleffect der in dem Heizmateriale aufgespeicherten Wärmegrösse geht in dem Kaminfeuer $^5/_6$—$^6/_7$ verloren, so dass der Kostenaufwand dieser anscheinend so billigen Lüftung ganz beträchtlich ist. Endlich aber wirkt, wie ebenfalls schon betont wurde, der Kamin wesentlich durch strahlende Wärme, also gerade durch diejenige Erwärmungsart, welche wir als wenig brauchbar gefunden haben. Wollte man nach allen diesen Nachtheilen den Kamin dennoch für die Schule verwerthen, so wäre es nur möglich, wenn man die verbesserte Form anwendet, bei welcher das Rauchrohr des Kamins mit Windungen in eine Art von Luftkammer geführt wird, aus welcher die erwärmte frische Luft in das Zimmer geleitet wird. Diese Art der Construction verhindert bei geeigneter Ausführung fast jedes Nachströmen kalter Luft durch die zufälligen Wandöffnungen und Poren.

Besser wirken die oben (s. Heizung p. 414 ff.) erwähnten sogen. **Ventilationsöfen**, welche in der That dadurch, dass sie die kühle Luft von aussen herbeiholen, zwischen Mantel und Heizkörper erwärmen und dann erst ins Zimmer treten lassen, eine so wesentliche Spannungsdifferenz zwischen Aussenluft und Innenluft erzeugen, dass die Luftbewegung eine lebhafte wird.

In der Schulbaracke Berlins, wo Ventilationsöfen in Thätigkeit sind, ist die Gestalt dieses ganzen Systems folgende (s. Fig. 174): Durch einen von aussen her unter dem Fussboden nach dem Ofen ziehenden Zuluftcanal (e) wird frische Luft in den Raum zwischen Heizrohr und

Mantel (b) geführt. Die erwärmte Luft steigt in diesem Raum empor und dringt unter der horizontalen Deckplatte des Ofens hervor, sich im Zimmer vertheilend. Nachdem sie an Thüren und Fenstern abgekühlt auf den Boden niedergesunken ist, dringt sie durch zahlreiche kleine Oeffnungen, wie ganz besonders durch ein unter dem Podium des Lehrerpultes angebrachtes 1 Quadratfuss grosses Loch unter den Fussboden des Zimmers und wird nunmehr durch das bis ebenfalls unter den Fussboden geführte Abzugsrohr (c), welches reichlich heisse Luft aus dem Ofen empfängt, angesogen und ab-

Fig. 174.



Zimmerlüftung durch Ventilationsöfen.

geführt. Das Maass der Abführung ist durch die Vorkehrungen, welche in dem Abzugsrohre angebracht sind, zu reguliren.

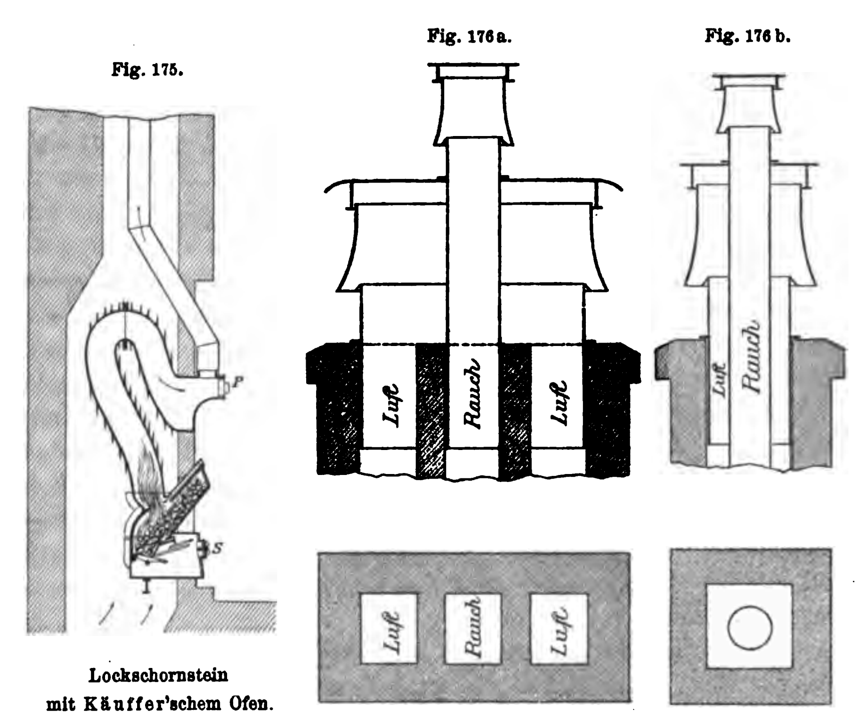
Wenn nun auch die Lüftung mittelst Mantelöfen unter Umständen eine ausreichende sein mag, so ist doch als wesentlichster Nachtheil dieser Lüftungsmethode ihre Abhängigkeit von der Heizung zu bezeichnen. Während nämlich der Bedarf an guter Luft der gleiche ist, hat sich der Wärmebedarf des Zimmers nach der Aussentemperatur zu richten. Wenn es nun auch möglich ist, während der Heizperiode die Luft im Mantelraum des Ofens auf den erforderlichen Wärmegrad zu bringen und dabei doch immer das sich stets gleichbleibende Luftquantum dem Zimmer zuzuführen, so ist doch mit Aufhören der Heizung auch die Luftzufuhr ganz oder zum grossen Theile aufgehoben, weil eben das die Luft bewegende Mittel, nämlich die Erwärmung, fehlt.

Hat man es nun mit alten Schulgebäuden zu thun oder mit Schulen, welche eine grössere bauliche Veränderung aus irgend welchen Gründen nicht gestatten, so wird man gewiss gut thun, sich wenigstens der genannten und beschriebenen Ventilationsöfen zu bedienen. Die Entscheidung für den einen oder andern wird von mancherlei nebensächlichen Umständen abhängig sein, von der Schülerzahl, der Raumeintheilung, dem Kostenpunkt u. s. w. In der Mehrzahl der Fälle wird die Lüftungsleistung solches Ofens allerdings nicht genügen, und man wird in den Zwischenpausen noch Fenster und Thüren öffnen müssen, nachdem die Kinder das Zimmer verlassen haben.

Wir haben indess gesehen, dass man, um richtig zu verfahren, für die Aspirationsventilation besondere Abluftcanäle anlegt, in welchen man physikalische oder mechanische Mittel anwendet, die Luft in zweckentsprechender Bewegung zu erhalten.

Wenn wir die Wärme als Förderungsmittel der Luftbewegung in den Abluftcanälen benutzen, so erfordert dies, dass man letztere mit einer dauernden Wärmequelle versieht oder, noch allgemeiner ausgedrückt, für solche Temperaturdifferenzen der Luft im Abführungscanal und im Zimmer zu sorgen hat, dass jene stets wärmer ist als diese, da im umgekehrten Falle rückströmende Luftbewegungen stattfinden würden; es würde dann das Zimmer sammt Frischluftcanal als aspirirender Ventilator für den Abluftcanal wirksam werden. Daraus folgt, dass im Sommer der Abführungscanal dauernd erwärmt werden muss; sonst kann es kommen, dass namentlich im Bereiche des Kellers die in ihm enthaltene Luftsäule kühler wird als die Zimmerluft und so genau die umgekehrte Luftströmung stattfindet, als beabsichtigt war. Die geringste Temperaturdifferenz zwischen Zimmerluft und der Luft des Abführungscanales soll 20 bis 30° betragen. — Die Erwärmung der Abluft durch ein offenes Feuer ist wegen der Möglichkeit des Rückschlagens von Rauch und Russ nicht zu empfehlen, diejenige durch Gas des theuren Betriebes halber hauptsächlich nur bei Einzelcanälen in Verwendung (Rietschel). Wo man derartige Lockflammen benutzt, müssen sie unten im Canal angebracht sein und so lange unterhalten werden, als die Lüftung des Raumes nothwendig ist. Energischer ist die Wirkung, wenn in dem Abluftcanal besondere Oefen, Locköfen, vorgesehen werden, die entweder als Localöfen beschickt (Fig. 175) oder mit Gas geheizt oder von einer centralen Heizanlage abgezweigt werden. In letzterem Falle hört natürlich die Lüftung auf, wenn die Heizperiode

zu Ende ist. Vielfach angewandt ist auch die Einrichtung, bei welcher die Wärme der abziehenden Feuerungsgase gebraucht werden, um den Abführungscanal zu erwärmen, und zwar kann dies in der Weise geschehen, dass die Abführungscanäle unmittelbar neben dem Schornstein liegen, wobei die Trennungswand aus schwachen Mauersteinen oder aus Eisenplatten gebildet ist (Fig. 176a), oder dass bei grösserer Weite des Schornsteins dieser den Abluftcanal umgiebt (Fig. 176b). Natürlich sind diese Einrichtungen nur so lange wirksam,



Lockschornstein mit Käuffer'schem Ofen.

Wolpert's Rauch- und Luftsauger.

als geheizt wird, und das führt, da natürlich in der Schule vor Beginn des Unterrichts am meisten, später weniger geheizt wird, zu dem Uebelstand, dass die Lüftungsgrösse mit den fortschreitenden Schulstunden sich vermindert statt vermehrt, wie es doch der Fall sein müsste. Die Erwärmung der Abluftcanäle durch die Rauchgase kann also wohl zur Unterstützung der Lüftung dienen, aber niemals als alleiniges Mittel zur Lufterneuerung in Schulen angesehen werden. In allen Fällen, wo die Zimmerheizung als Triebkraft der Luftbewegung angewandt wird, müssen deshalb die Aspirationsschlote,

namentlich zur Erzielung ihrer Wirksamkeit im Sommer, ihre eigene Wärmequelle erhalten.

Ventilatoren derjenigen Art, welche die Lufterneuerung mittelst Temperaturdifferenzen bewerkstelligen, erwähnen wir den von Käuffer construirten Paragon, den Apparat von Lönholdt, den Sarrazinapparat des Eisenwerkes Kaiserslautern. Es giebt begreiflicherweise noch mehrere andere; indess muss hier auf die technischen Handbücher verwiesen werden.

Der Paragon hat folgende Anordnung: Die durch einen Blechstutzen eingeführte frische Luft gelangt in einen Kasten, von wo aus sie durch ein System von Röhren aufwärts in den gemeinschaftlichen Zufuhrcanal geleitet wird. Ein Theil der frischen Luft tritt in eine zwischen den Röhren liegende Trommel und vereinigt sich dann, stärker vorgewärmt, mit der übrigen frischen Luft. Um nun diese Vorwärmung auch an kalten Tagen genügend zu erreichen und um das Quantum der ein- und austretenden Luft möglichst zu erhöhen, wird am unteren Ende des Apparates eine Wärmequelle eingesetzt (Bunsen'scher Brenner, Petroleumlampe). Im Sommer braucht die frische Luft nicht vorgewärmt zu werden; es tritt dann die Luft direct in den oberen weiten Mantel ein, und die abgeführte Luft wird um so wärmer, der Lüftungseffect sonach erhöht. Diese Luft durchstreicht den Raum, verschlechtert sich und wird vom Fussboden durch ein inneres Rohr ins Freie geführt, indem sie die erwähnten Röhren umspült und einen Theil der erhaltenen Wärme an die eintretende Luft abgiebt. Das Abführrohr wird entweder in einen vorhandenen Canal geleitet oder über Dach geführt und mit einem Deflector bekrönt.

Der Lönholdt'sche Apparat wird durch die Figur 177 a und b leicht verdeutlicht. Fig. 177 a ist der luftzuführende Apparat in Form eines Kästchens mit stellbarer Klappe; Fig. 177 b ist der luftabführende Apparat. In demselben ist unterhalb des schief aufwärts steigenden Metallcanales a eine Heizkammer d angebracht, die nach dem Zimmer durch die mit Schieberöffnungen e versehene Thüre f abgeschlossen ist, nach dem Schornsteine aber oben eine schlitzförmige Oeffnung g hat. Als Wärmeerzeuger dienen Gas- oder Petroleumflammen h, welche in die Heizkammer eingesetzt und zur Vermehrung des Heizeffectes von Kupferblechwänden zickzackförmig umgeben sind. Durch die Oeffnungen e in der Thüre dringt die Zimmerluft in die Heizkammer ein, wird in derselben sehr stark erhitzt und mit den Verbrennungsproducten der Flamme durch den Schlitz g in den Abfluss-

schacht oder Schornstein abgeleitet; hierdurch wird der letztere geheizt und die zu einer entsprechenden Zugwirkung in dem Schachte nothwendige Temperaturerhöhung hervorgerufen.

Fig. 177 a.

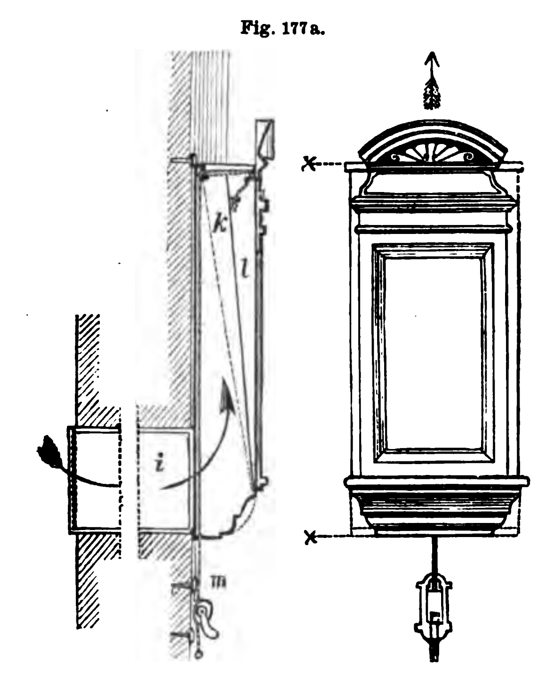
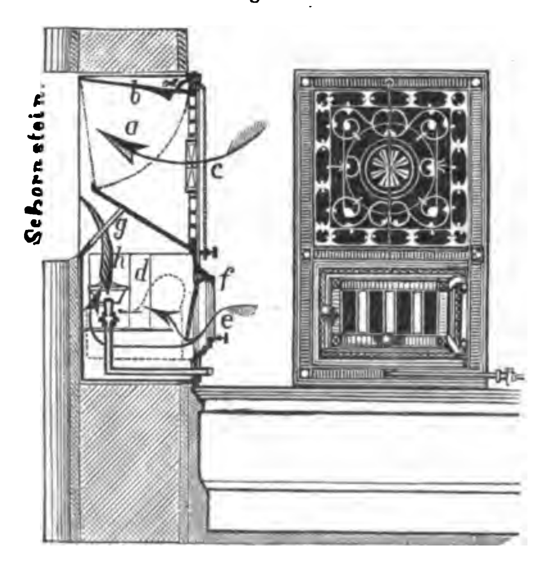


Fig. 177 b.



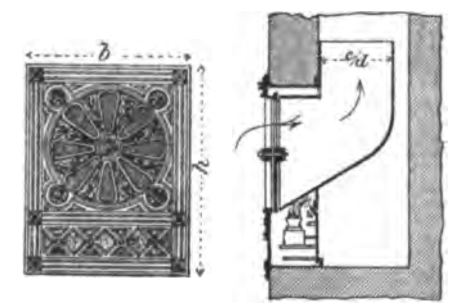
Lönholdt'scher Ventilator.

Der Sarrazinapparat (s. Fig. 178), in seiner Construction dem Lönholdt'schen ähnlich, besteht aus einem einzumauernden eisernen Kasten, in welchen ein keilförmiges eisernes Rohr eingesetzt ist. Dieses Heizrohr ragt mit seinem oberen Schenkel in den Abluftcanal hinein, während der untere conische Schenkel nach dem zu ventilirenden Raum hin ausmündet. Unter dem conischen Schenkel ist eine Heizflamme (Petroleum, Oel, Gas) angebracht, welche eine Erhitzung des Heizrohres und der inneren Luftsäule bewirkt. Der Kasten ist vorn durch Thürchen geschlossen; vor der Mündung des Heizrohres befindet sich ein Schieber, durch welchen der Luftabschluss in einfachster Weise regulirt werden kann. Der Apparat lässt sich auch da anwenden, wo ein gemauerter Abzugscanal

nicht vorhanden ist, welcher alsdann durch ein an geeigneter Stelle angebrachtes und über Dach geführtes Zinkrohr ersetzt werden kann. Auch in diesem Falle ist anzurathen, den Kasten des Apparates einzumauern, damit derselbe im Sommer nicht noch zur Erwärmung des betreffenden Raumes beiträgt.

Auf die Bewegung der Luft in den Canälen wirkt, wie oben erwähnt, auch die Kraft des Windes steigernd ein. Streicht dieser wagerecht über die Mündung des Abluftcanales, so reisst er die Luft aus dem oberen Theile des Rohres mit sich fort und wirkt in dieser Weise saugend, aspirirend. Nach Brüning beträgt diese durch den Wind erzeugte Steigerung an 62 % aller Tage mehr als 1 m, an 97 % mehr als 0,5 m. Es ergiebt das für ein Rohr von 20 cm Durchmesser einen stündlichen Luftwechsel von 114 cbm an je 62 und von 57 cbm an je 97 Tagen von 100. Zur Erhöhung und Regulirung dieser Wirkung versieht man die Abluftcanäle mit Aufsätzen (Kappen, Windhüten, Deflectoren). Vielfach gebraucht sind diejenigen Aufsätze, durch welche mittelst einer durch ein Windrad getriebenen Schraube ein Aussaugen der Luft aus dem Canal stattfindet (Schraubenventilatoren). Ihre Wirkung ist keine bedeutende. Wolpert's Rauch- und Luftsauger (Fig. 176a und 176b) ist so construirt, dass Wind, Regen und Sonnenschein bei keiner Richtung in das Steigerohr gelangen können. Es entsteht bei Sonnenschein wie bei jedem Winde eine Luftverdünnung im mittleren Theile des Apparates, dem Saugkessel; in Folge dessen werden Rauch oder Luft in dem Canal emporbewegt, gewissermassen emporgesaugt. In ähnlicher Weise sind die Deflectoren von Käuffer (Fig. 179) und von Keidel (Fig. 180) construirt, die sowohl für Aspirationsschlote als auch für Schornsteine Verwendung finden können. Auch Grove's Aufsätze (Fig. 181), die gleichfalls beiden Zwecken dienen, sind hier zu nennen; sie sollen unter jeder Windrichtung und bei jeder Stärke desselben stets absaugend wirken und niemals eine rückgängige Bewegung des Zuges zulassen. Für die Verwendung dieser Apparate als Schornsteinaufsatz erhält das Rohr unten eine mit Schieber verschliessbare Reinigungsöffnung.

Fig. 178.

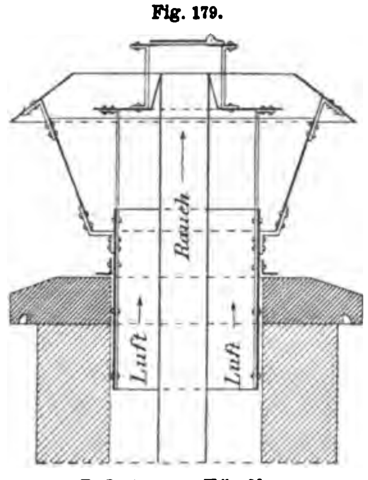


Ventilationsapparat von Sarrazin.

Die Wirkung aller dieser Aufsätze kann allem Anscheine nach nur eine geringe sein; auch ist dieselbe gewiss von der jeweiligen Windrichtung abhängig.

Zur Bewegung der Luft in dem Abluftcanal dienen ferner besondere Ventilationsapparate, die durch Wind, Wasser, Elektricität oder andere

Fig. 179.



Deflector von Käuffer.

Fig. 180.



Deflector von Kefdel.

Kräfte in Thätigkeit gesetzt werden (Exhaustoren), deren Effect wohl ein bedeutender sein kann, deren Betrieb aber auch mit nicht geringen Kosten verbunden ist. Wir werden noch später auf diese zurückkommen.

Man hat es für einen Fehler der Aspirationsventilation angesehen, dass sie, da es in ihrem Wesen liegt, die Luft des Zimmers zu verdünnen, Gelegenheit zu intensiven Nachströmungen durch Fenster und Thüren, d. i. zur natürlichen Lüftung gebe, wie sie ja überhaupt wohl vortrefflich auf die Abströmung der verdorbenen, nicht so auf die Zuströmung der frischen Luft hinlänglich Rücksicht nimmt. Für die Schule, welche weder mit contagiösen Luftarten zu thun hat wie die Krankenhäuser, noch selbst irgend welche verdorbene Luft in ihrer Umgebung dulden soll, hat der Tadel, dass bei der Aspirationsventilation nicht sorgsam auf die Beschaffenheit der zugeführten Luft geachtet werde, keine allzu grosse Bedeutung; vorausgesetzt, dass die so aspirirte Luft nicht

Fig. 181.



Schornsteinaufsatz von Grove.

zu kalt und mit keiner zu grossen Geschwindigkeit in die Zimmer tritt, etwas, was durch die Anlage eines hinlänglich grossen Luftzuführungscanales leicht verhindert werden kann. Ein viel schwerer wiegender Fehler ist der, dass mit den Schwankungen der Lufttemperatur die Stellung der Regulirvorrichtungen verändert bezw. die Heizung des Abluftcanales Abstufungen unterworfen werden muss; hier hängt von der Aufmerksamkeit des Personals, der sorgfältigen Berechnung im Heizeffect des gebrauchten Heizmaterials vieles ab, und es ist Anlass zu so mancherlei Störungen gegeben, dass man eine exacte Leistung des Systems gerade deshalb kaum erwarten kann. Nichtsdestoweniger ist man in den Berliner Schulen mit den Ergebnissen leidlich zufrieden, so dass die Uebelstände in der Praxis doch nicht so schlimm auszufallen scheinen, als man erwarten möchte.

Technik der Drucklüftung (Pulsionsventilation).

Wenn wir auf die oben (p. 532) gemachte Voraussetzung, den luftabführenden Canal, das Schulzimmer und den luftzuführenden Canal als ein System communicirender Röhren zu betrachten, noch einmal zurückgehen, und wenn wir wieder annehmen, dass in dem genannten System, welches als mit Luft erfüllt betrachtet wird, die gesammte Luftmasse in Ruhe ist, so wird die Gleichgewichtslage dieser ganzen Luftmasse in dem Augenblicke gestört werden, wo an irgend einer Stelle des ganzen Systems Bewegung eintritt. Denken wir uns an einem Endtheile dieses Röhrensystems eine Kraft wirksam, welche die Luft so vor sich hinstösst, dass die Wirkung des Stosses bis zum anderen Ende nicht durch Reibungseffecte an den Canalwänden aufgebraucht ist, so wird die Luft in dem Verhältniss des empfangenen Stosses nach der Richtung des geringsten Widerstandes ausweichen; dasselbe geschieht natürlich auch, wenn die Kraft nicht nur als einfach stossende wirkt, wie etwa der luftdicht schliessende Stempel einer Spritze, sondern wenn eine neue Luftmasse in den schon mit Luft erfüllten Raum eingetrieben wird. Stellt man sich vor, dass die Widerstände an dem anderen Ende des Röhrensystems grösser sind, als die angewandte stossende Kraft noch ist, nachdem sie den Reibungseffect überwunden hat, so ist klar, dass in dem ganzen Systeme Luftverdichtung eintreten wird, und die Verdichtung wird wiederum im Verhältniss stehen zu der angewandten Kraft; dasselbe ist natürlich auch der Fall, wenn unter Kraftanwendung eine neue Luftmenge in das System eingetrieben wird. — Wenn

das gesammte System von Röhren aus porösem Material construirt ist, so wird die verdichtete Luft nicht allein aus dem offenen Ende, sondern überall ausströmen, wo sie irgend hindurch kann, d. i. aus allen Poren. Diese Verhältnisse sind vorhanden bei der sog. Pulsionsventilation. Ein Ventilator stösst durch den zuführenden Luftcanal Luft in den zu ventilirenden Raum hinein; der nächste Effect ist die Verdichtung der Luft in dem Raume und die Folge Ausströmung derselben durch alle irgend Durchtritt gestattenden Oeffnungen, und dies um so mehr, ein je geringeres Lumen der künstliche Abzugscanal hat. v. Pettenkofer meint nun, dass es bei der Porosität unserer Wohnungen überhaupt nicht nöthig sei, für Abzugscanäle zu sorgen, sondern dass man es der Luft überlassen könne, sich die Wege zu suchen, und dieser Vorschlag scheint noch dadurch an Bedeutung zu gewinnen, dass die Verhältnisse sich durch die Temperaturunterschiede der Zimmerluft und der äusseren Luft im Winter und durch gewisse störende Luftströmungen, welche beim Oeffnen von Fenstern und Thüren im Sommer entstehen, in eigenthümlicher Weise compliciren. Die Druckverhältnisse der Innenluft und Aussenluft nach Einblasung einer gewissen Luftmenge gleichen sich nämlich durch die Poren der Wände ziemlich rasch aus, nicht so rasch die Temperaturen beider Luftarten, und da die Luft im Zimmer (während des Winters) wärmer ist als die Aussenluft, also specifisch leichter, so wird in Folge dessen statt des Ueberdrucks alsbald ein Unterdruck im Zimmer eintreten, also eine Luftströmung von aussen nach innen statthaben können. Aehnliches wird geschehen, wenn im Sommer die Fenster geöffnet sind; die Luft entweicht nach der Pulsion so rasch aus denselben, dass Rückströmungen zum Mindesten leicht eintreten können. So kann es, wie v. Pettenkofer ausführt, bei vorhandenen Luftausführungscanälen sehr leicht dazu kommen, dass schlechte Luft aus denselben in die Zimmer hinein aspirirt wird trotz der Pulsion. Dagegen kann man sich nur schützen, wenn die Drucklüftung andauernd und so energisch wirkt, dass stets ein Ueberdruck im Zimmer gegenüber der Aussenluft vorhanden ist. Dies vorausgesetzt, besteht der wesentlichste Vortheil der normal wirksamen Drucklüftung darin, dass vermittelst derselben zu jeder Zeit und bei jeder Aussentemperatur mit Sicherheit die Lufterneuerung des Zimmers herbeizuführen ist. Insbesondere ist sie von Wichtigkeit für die Lüftung während des Sommers. Daher soll auch, wie K. Schmidt vorschlägt, bei grosser Hitze die Drucklüftung auch während der Nacht in Wirksamkeit bleiben, in der Absicht, dauernden

Ueberdruck in den luftzuführenden Canälen und in den Zimmern zu erhalten. Dieser Ueberdruck kann auch verhindern, dass Zugerscheinungen von undichten Fenstern und Thüren her entstehen. Endlich hat Rietschel noch erweisen können, dass unter dem Einfluss der Pulsionslüftung die Temperaturdifferenzen der Zimmerluft zwischen Decke und Fussboden wesentlich geringere sind als bei Aspirationslüftung. Derselbe fand beispielsweise diese Differenz in dem Zimmer eines hiesigen Gymnasiums nicht höher als 1—1,5 ° C. Aus allem ergiebt sich, dass die Ventilation mittelst Drucklüftungsanlage für Schulen die empfehlenswertheste ist. Freilich sind Drucklüftungsbetriebe mit Kosten verknüpft.

Um das Verhältniss der beiden Lüftungsprincipien, der Aspiration und der Pulsion, genau zu formuliren, ist Folgendes zu beachten: Die Aspirationslüftung sorgt für geeignete Ausführung der verdorbenen Luft, weniger für geeignete Zufuhr frischer Luft. Die Pulsion sorgt für reiche Zufuhr frischer Luft, für mangelhafte Abführung der verdorbenen. Die Aspiration, weil meist mit thermischen Mitteln wirkend, ist von schwankendem, von vielerlei Umständen abhängigem Erfolg; die Pulsion, weil zumeist der mechanischen Mittel sich bedienend, befriedigt andauernd und gleichmässig das Luftbedürfniss. Die Aspiration wird brauchbarer durch Anwendung mechanischer Mittel, die Pulsion durch geeignete Fürsorge für Abführung der verdorbenen Luft. Theoretisch würde also ein System am wirksamsten sein, welches in jedem Moment genau so viel gute Luft mit mechanischen Mitteln einführt, wie verdorbene Luft auf mechanischem Wege herausgesogen wird. Dies würde für die Schule das Zweckmässigste sein. Da dies aber vielleicht zu kostspielig würde, da endlich die Pulsion notorisch genügende Mengen frischer Luft herbeizuschaffen vermag, auch ohne jede künstliche Entfernung der verbrauchten, so wird es vollständig genügen, wenn man eine künstliche Aspiration der verdorbenen Luft, sei es mit mechanischen Mitteln, sei es mit Temperaturdifferenzen, nur in so weit mit der Pulsion verbindet, dass Rückströmungen, d. i. der Zug von aussen nach innen, überwunden werden, und dies ist in der That in der oben erwähnten (s. p. 446) Schule in der Steinmetzstrasse in Berlin durchgeführt. Die Schule würde sich aber mit einer kräftigen Pulsion bei weiten Abzugscanälen schon gut stehen, und ist diesem System bei dem dauernden Bedürfniss der Schule für frische Luft sicherlich der Vorzug zu gewähren. Auch das sächsische Landesmedicinal-

collegium erkennt an, dass die Zuführung der Luft mittelst Pression erhebliche Vorzüge vor der Zuführung der Luft durch Aspiration habe. Von den Heizungseinrichtungen und anderen mehr zufälligen Maassregeln mag es abhängen, ob man damit Aspiration durch den Schornstein verbinden will. Mittelst dieser Einrichtung würde man in der Schule zu allen Zeiten, bei allen Temperaturverhältnissen und bei jeglicher Windrichtung genügende Mengen reiner Luft zur Verfügung haben. Alles kommt natürlich darauf an, dass bei den Lüftungsanlagen von den Technikern keinerlei Missgriffe bezüglich der Leistungsfähigkeit der mechanischen Kraft, der Grösse der Ventilatoren, Canäle, Ein- und Ausströmungsöffnungen gemacht werden; die fehlerhafte Ausführung wird jedes, das einfachste und das complicirteste Lüftungssystem zu nichte machen.

Bestimmung der Leistungen von Lüftungsanlagen.

Um die Leistungsfähigkeit von Lüftungsanlagen zu beurtheilen, kann man zwei Wege einschlagen, indem man nämlich einmal die Menge der durch die Canäle geförderten Luft feststellt, oder indem man die Luft des betreffenden Zimmers auf ihren Kohlensäuregehalt untersucht und nach den gefundenen Ergebnissen die Menge der eingeströmten Luft berechnet.

Die erstere Methode erfordert sehr feine und zumeist auch complicirt gearbeitete Apparate, deren Ergebnisse aber nur annähernd das geförderte Luftquantum bestimmen.

Häufiger angewandt wird die zweite Methode, welche ja auch um deswillen werthvoller ist, als sie uns als Vorstufe für die Berechnung der zugeströmten Luftmenge ein Urtheil über die Reinheit der Luft zu fällen gestattet. Nach dieser Methode hat Rietschel eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, um den Lüftungseffect unter den verschiedensten Bedingungen, die sich theils auf die Lüftung durch Fenster und Thüren, theils auf Aspirationslüftung bezogen, in mehreren Gymnasien Berlins festzustellen. Die Sexta B des Friedrich-Wilhelms-Gymnasiums, welche keine Einrichtungen für künstliche Lüftung hatte und noch Kachelofenheizung besass, hatte einen Luftraum von 155,6 cbm, pro Schüler ca. 3 cbm. Wenn Thüren und Fenster während der Unterrichtsstunden und der Pausen geschlossen blieben, so konnte zu verschiedenen Tageszeiten ein Kohlensäuregehalt von 9,7 ‰ im Maximum und von 5,5 ‰ im Mittel, also eine äusserst schlechte Luft nachgewiesen

werden. Klasse Sexta B des Wilhelms-Gymnasiums hatte einen Luftraum von 164 cbm, pro Kopf 2,83 cbm. Sie besass Wasserheizung; die Fenster und Thüren waren mit Lüftungsjalousien versehen. Wenn in den Pausen sämmtliche Thüren geöffnet wurden, so betrug der Kohlensäuregehalt 4,8 ‰ im Maximum und 2,55 ‰ im Mittel. Ungenügende Benutzung der Lüftungseinrichtungen führte sogleich eine Steigerung der Kohlensäuremenge herbei. Klasse Sexta A des Luisen-Gymnasiums, die einen Luftraum von 253,58 cbm, pro Schüler 4,61 cbm besass, hatte Luftheizung und Luftableitung nach dem Dachboden, von wo ein Aspirationsschacht die Luft nach aussen führte. Die Kohlensäuremenge stieg im Maximum auf 1,9 ‰, im Mittel auf 1,45 ‰. Gillert fand in Berliner Gemeindeschulen ohne Luftableitungscanäle bei 5,3 % der Untersuchungen gute oder noch zulässige Luft, bei 36,8 % äusserst schlechte Luft, in Schulen mit Luftableitungscanälen dagegen bei 67,7 % gute oder noch zulässige, bei 6,1 % äusserst schlechte Luft.

Reinigung der Schulräume.

Während wir durch die Lüftung der Schuljugend eine athembare und normal zusammengesetzte Schulluft zu geben und zu erhalten versuchen, darf nicht übersehen werden, dass in den Schulräumen selbst noch immer Quellen der Verunreinigung für dieselbe durch körperliche Beimischungen vorhanden sein werden. Der Schulstaub ist ebensowohl den Schülern wie den Lehrern gefährlich, und mehrfach ist in den vorangegangenen Capiteln darauf hingewiesen worden, dass die Einschleppung von All dem, was Staub zu vermehren im Stande ist, verhütet werden muss. Es soll hier nochmals auf die Bedeutung der Reinhaltung der Luftkammern, die glatte und gute Beschaffenheit der Fussböden und Wände hingewiesen werden, ferner auf die Entfernung der Kleider aus dem Schulzimmer und last not least auf eine gute Reinigung des Schuhwerks der Kinder vor Betreten der Schulstuben. — Dies Alles wird dazu beitragen, die Ansammlung von Staub auf ein geringstes Maass zurückzuführen. Gänzlich verhütet kann trotzdem, wie Jeder aus jedem Privathaushalte weiss, die Ansammlung von Staub nicht werden, und doch wissen wir, wie der Staub den Respirationsorganen, den Augen u. s. w. mechanisch schädlich werden kann, wie aber auch Infectionskeime in demselben stecken, die die Gesundheit der Schüler gefährden. —

Es muss also darauf noch ankommen, den einmal vorhandenen Staub möglichst rasch und gut aus den Schulstuben zu entfernen.

Man sollte es kaum für möglich halten, dass es nothwendig ist, das Gebot, welches sich bei jedem irgend auch nur mit den ersten Culturbedingungen vertrauten Menschen von selbst versteht, nämlich, dass der Wohnraum, in welchem er lebt, von Schmutz und Staub reingehalten und zu diesem Zwecke täglich gereinigt werden muss, für die Schule noch als besonderes hygienisches Postulat aufzustellen. Und doch ist dies nothwendig, weil das so Selbstverständliche bisher nicht oder zum Mindesten nicht in ausreichendem Maasse geschieht. Der Fussboden, die Bänke, Katheder, Schränke u. s. w. jedes Schulraumes müssen täglich von Schmutz und Staub frei gemacht werden. Wie dies gegenüber dem Bodenstaub am besten geschieht, ob durch feuchtes Aufwischen, was sicher das Beste ist, oder durch Ausfegen nach gehörigem Sprengen, oder nach Auswerfen von nassem Torfmull oder von Sägespähnen etc., selbstverständlich erst dann, wenn die Kinder das Schulzimmer verlassen haben, ist im Grund genommen gleichgültig; wenn nur wirklich gereinigt wird! Und ebenso müssen die Gardinen, Vorhänge u. s. w. abgestäubt werden, die Schulbänke und andere Geräthe sauber gemacht werden. Dies Alles soll nicht allein, und zwar in erster Linie, gesundheitsgemäss, es soll auch erzieherisch auf die Kinder wirken und ist so ebensogut eine pädagogische, wie hygienische und um deswillen eine ganz selbstverständliche Forderung, der gegenüber Kosten- und Personalfrage in den Hintergrund treten müssen. Ebenso selbstverständlich und kaum der Erwähnung werth ist wohl, dass die Schulreinigung nicht etwa den Kindern aufgetragen werden darf, deren Lungen ja gerade von der Staubaufwirbelung fern gehalten werden sollen.

K. Schulbänke (Subsellien).

Literatur.

Meyer, Hermann, Die Mechanik des Sitzens mit besonderer Rücksicht auf die Schulbankfrage. Virchow's Archiv, Bd. 38.

Parow, W., Studien über die physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung und der normalen Krümmungen der Wirbelsäule. Virchow's Archiv, Bd. 31.

Bock, C., Regierungs- und Schulrath, Zweckmässige Einrichtung der Schultische. Stiehl's Centralblatt, 1868.

Dr. Zahn, Die Schulbankfrage vom gesundheitlichen Standpunkte. Bayerisches ärztliches Intelligenzblatt Nr. 8.
Linsmayer, A., Die Münchener Schulbank (Buhl-Linsmayer'sches System). München 1876.
Kaiser, Joseph, Privilegirtes Kaiser'sches Subselliensystem für Unterrichtsanstalten. München 1876.
Varrentrapp, Eiserne Schulbänke. Deutsche Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. VIII, Heft 3.
Koch, Schulbankfrage. Protokoll der Aerztekammer für Unterfranken, 1875. p. 9.
Lickroth, Normal-Schulbank. Niederrh. Correspondenzbl. f. öff. Gesundheitspfl. V, p. 144.
Holcher, Schulbank für die männliche und weibliche Jugend. Chemnitz 1877. Wiede.
Eulenberg, H., Zur Schulbankfrage. Viertelj. f. ger. Medicin XXIX, p. 369.
Guischard, Schulbank mit pendelndem Sitze. Viertelj. f. öff. Gesundheitspflege.
Hippauf, Neue Schulbank mit verlegbarer Sitzplatte. Viertelj. f. ger. Medicin XXVIII, p. 390.
Koller, Die Schulbankfrage in Zürich. Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. X, p. 600.
Herrmann, Sitzeinrichtungen in Schule und Haus. Monatsbl. f. öff. Gesundheitspfl. II, p. 97, 113, 129.
Schwab, Die Schulbankfrage vor dem Wiener Gemeinderathe. Programm des Mariahilfer Gymnasiums in Wien 1877.
Jäger, H. O., Die Steharbeit. Heilbronn 1879.
Herrmann, Die Sitzeinrichtungen in Schule und Haus mit besonderer Berücksichtigung der Schulbankfrage. Braunschweig 1879.
Nicati, Schulbänke. Marseille méd. XXI, p. 225.
Schiebold, R., und G. Heilmann, Neue Schulbank. Reichspatent. Med. Gesetzgeb. V, p. 153.
Wolff und Weiss, Lesepult an Schulbänken, verstellbar. Reichspatent Nr. 2407. Med. Gesetzgeb. XV, p. 174.
Largiadèr, Zur Schulbankfrage. Strassburg 1881.
Die Schulbank von Vandenesch. Magazin für Lehr- und Lernmittel V, 1881, Nr. 14.
Meyer, Die Schulbankfrage vom hygienischen, pädagogischen und technischen Standpunkte. Dortmund 1881.
Die Schulbank von Carl Elsässer. Mannheim 1881 (Selbstverlag).
Prausek, Ueber Schulbänke, Schultische und Stühle. Wien 1881.
Guillaume, Bericht über die besten Schulbänke. Congr. intern. de l'enseignement. Bruxelles 1881. 61. Sect., p. 71.
Pierd'houy, Neues Modell einer hygienischen Schulbank. Giorn. della Soc. ital. d'igien. II, p. 509.
Popper, Schulbänke in den Prager Schulen. Prag. med. Wochenschr. V, p. 16.
Cohn, Schultische auf der Schlesischen Industrieausstellung. Bresl. ärztl. Zeitschr. III, p. 150.
Pagliani, Eine neue Schulbank. Giorn. della Soc. ital. d'igien. III, p. 865.
Reclam, Die neue Schulbank von Görtz. Gesundheit VI, p. 3.
Schubert, Ein Wort zur Schulbankfrage. Bayer. ärztl. Intelligenzbl. XXVIII, p. 395.

Daiber, Körperhaltung und Schule. Stuttgart 1881. Metzler'sche Buchhandlung.
Kreutz, Die Schulbank von Vandenesch. Centralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1882, p. 68 ff.
Lüthi, Der Schultisch. Der Pionier 1882, III, Nr. 11 u. 12.
Aerztliches Gutachten über das höhere Schulwesen Elsass-Lothringens. Strassburg i. E. 1882.
Hippauf, Eine neue Schulbank. Ostrowo 1883. Selbstverlag.
Mayer, A., Die Schulbankfrage mit besonderer Berücksichtigung der Wiener Paul'schen Schulbank. Die Volksschule, Bd. XXIII, 1883, Nr. 1 u. 2.
Bericht über die Hygieneausstellung in Berlin 1883. Magazin für Lehr- und Lernmittel 1883, Nr. 12 ff.
Berlin und Rembold, Untersuchungen über den Einfluss des Schreibens auf Arm- und Körperhaltung. Stuttgart 1883.
Mayer, A., Die Aspanger Schulbank. Die Volksschule XXIV, 1884.
v. Esmarch, Zur Belehrung über das Sitzen der Schulkinder. Kiel 1884.
Staffel, Zur Mechanik des Sitzens. Centralblatt f. allgem. Gesundheitspfl. 1884, Heft 11.
Der Schultisch von Lüthi. Der Pionier 1885, Bd. VI, Nr. 9.
Erlass des preuss. Unterrichtsministeriums vom 30. Januar 1885, betreffend Schulbänke. Centralblatt 1885.
Schenk, Zur Aetiologie der Skoliose. Beitrag zur Lösung der Subsellienfrage. Berlin 1885.
Spiess, Zur praktischen Lösung der Subsellienfrage. Deutsche Viertelj. f. öff. Gesundheitspfl. 1885, p. 285—312.
Schulbank mit automatischem Sitz und fixer Pultplatte (Scheiber & Klein). Die Volksschule, Bd. XXVI, 1886, Nr. 27.
Brübach, Döring's Normal-Schulbank. Magazin für Lehr- und Lernmittel 1886, p. 115.
Die Schulbank. Ebenda 1886, Nr. 7—14.
Zur Schulgesundheitspflege. Veröffentlichungen der Hygienesection des Berliner Lehrervereins. Berlin 1886.
Bestimmungen, betreffend die Gesundheitspflege in den Schulen. Vom Erziehungsbeirath in Basel. 1886.
Kocher, Ueber die Schenk'sche Schulbank. Eine klinische Vorlesung über Skoliose. Corresp.-Blatt f. Schweizer Aerzte 1887, Nr. 11.
Pins, Neuer Beitrag zur Frage von der Schulbank. Wiener medicin. Presse 1887, p. 1403.
Lorenz, Die heutige Schulbankfrage. Vorschläge zur Reform des hygienischen Schulsitzens. Wien 1888.
Reuss, Schulbankfrage in Eulenburg's Realencyklopädie. Wien 1889.
Staffel, Die menschlichen Haltungstypen und ihre Beziehungen zu den Rückgratsverkrümmungen. Wiesbaden 1889.
Daiber, Die Schreib- und Körperhaltungsfrage. Ihr jetziger Stand — ihre zukünftige Lösung. Stuttgart 1889.
Erismann, Das Musterschulzimmer. Internationale medicin.-wissenschaftl. Ausstellung in Berlin 1890.
v. Meyer, H., Das Sitzen mit gekreuzten Oberschenkeln und dessen mögliche Folgen. Archiv f. Anatomie u. Physiol. Anatomische Abth. 1890, p. 204—209.
Schindler, Hygienischer Universal-Schreibstuhl. Patent A. Schindler. Basel (Selbstverlag).

Gesundheitsregeln für die Schuljugend. Herausgegeben von der Hygienesection des Berliner Lehrervereins. Berlin 1890.
Schulthess, Die Wirbelsäulenkrümmung sitzender Kinder. Zeitschr. f. orthopäd. Chirurgie 1891, p. 20 ff.
Schulthess, Eine neue Arbeitsschulbestuhlung in der Züricher Mädchensecundarschule. Ebenda 1891, p. 41 ff.
Hankel, Die Schulbank. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1891, p. 335 ff.
Schindler, Wie soll der Mensch sitzen? Darlegung und Begründung einer neuen Sitzvorrichtung am Schreib- und Schultisch. Basel 1891 (Selbstverlag).
Schulthess, Hausschreibpult für Kinder und Erwachsene. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1892, p. 62.
Bendziula, Zur Schulbankfrage. Berlin 1893.
Marsch, Neue Schulbank mit fester Distanz. Helmstedt 1893 (Selbstverlag).
Stöcker, Ein Beitrag zur Lösung der Schulbankfrage. Münch. med. Wochenschr. 1893, p. 125 ff.
Schenk, Zur Schulbankfrage. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1894, p. 529—545.
Wallraff, Die Schulbank Columbus. Ebenda, p. 22 ff.
Götze, Eine neue Steh- und Sitzschulbank. Ebenda, p. 657 ff.
Nigg, M., Schulbankausstellung in Wien. Ebenda, p. 395 ff.
Rettig, Neue Schulbank. Leipzig 1895.
Eine neue Schulbank. Deutsche Bauzeitung 1895, Nr. 71.
Bennstein, Die heutige Schulbankfrage. Eine übersichtliche Zusammenstellung der bisher bekannten Schulbanksysteme. Berlin 1895.
Moderne Schulbänke und Hauspulte. Deutsche Aerzte-Ztg. 1895, Nr. 20—22.
Suck, Der Schulstuhl als Ersatz der Schulbank. Ebenda 1895, Nr. 22 u. 23.
Dornblüth, Götze's Sitz- und Stehschulbank. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1895.
Bennstein, Die Einrichtung und Ausstattung der einklassigen Schule mit Lehrmitteln und Schulausstattungsgegenständen. Berlin 1895.
Neue Schulbänke. Blätter für die Schulpraxis 1896, Nr. 9.
Ausserdem die genannten Schriften von:
Schreber, Schraube, Barnard, Zwez, Fahrner, Guillaume, Parow, Cohn, Falk, Frey, Buchner, Kleiber, Schildbach, Thomé, Kotelmann, Burgerstein-Netolitzky, Berlin-Rembold, Engelhorn, Hinträger, Erismann u. A.

Die Frage einer richtigen und zweckmässigen Construction der Schulbänke und Schultische beschäftigt seit langer Zeit in hervorragendem Maasse die Schulhygiene, und die Literatur des Gegenstandes ist bis in das Unabsehbare angewachsen. Seitdem man in dem fehlerhaften Sitzen die Quelle der Verkrümmungen der Wirbelsäule, der Kurzsichtigkeit der Kinder und einer Reihe anderer Schäden entdeckt zu haben glaubte, und wiederum die Möglichkeit eines normalen Schreibsitzens in der Schule glaubte von der zweckentsprechenden Gestaltung der Sitzbänke und Tische abhängig machen

zu können, ging fast jeder Einzelne, welchem die Schule am Herzen lag, darauf aus, neue und anscheinend immer wieder bessere Constructionen zu schaffen. Leider geschah dies nicht immer mit dem rechten Verständniss für die Sache und dem entsprechend nicht mit dem rechten Erfolge. Bei alledem sind wir doch zu wesentlichen Verbesserungen vorgeschritten.

Nachdem durch die klassischen Arbeiten von Meyer[1]), Horner[2]) und Parow, welche sich den vorausgegangenen von Wilhelm und Eduard Weber[3]) anschlossen und dieselben verbesserten, die Mechanik des Skeletts, das Stehen, Gehen und Sitzen auf physikalischen Grundlagen aufgeklärt war, konnte man an die Aufgabe herangehen, die Sitzbänke der Schuljugend so zu gestalten, dass sie für gewisse Schulzwecke, speciell für das Schreiben, geeignet erschienen; schwierig war es hierbei, neben den hygienischen auch die pädagogischen Anforderungen zu berücksichtigen; mit demjenigen, was von Aerzten als das naturgemäss Richtige gefunden und construirt worden war, die Wünsche der Lehrer in Einklang zu bringen; ist nun auch allmählich die ganze Frage einigermassen geklärt, nicht zum Mindesten dadurch, dass sich auch die Lehrer mit den hier einschlagenden physiologischen Voraussetzungen bekannt machten und denselben gewisse pädagogische Postulate unterordneten, so wird man doch aus dem Folgenden erkennen, dass dieselbe trotz vielen Ueberlegens und Experimentirens zu einem eigentlichen Abschlusse noch keineswegs gekommen ist.

Das freie Aufrechtsitzen.

Die menschliche Wirbelsäule stellt einen gegliederten, ausserordentlich elastischen Stab dar, welcher, in der Hals- und Lendengegend nach vorn convex, in der Brust- und Kreuzbeingegend nach vorn concav gekrümmt, eine **S**-förmige Gestalt hat. Diese Gestalt, in sich abänderlich und je nach den verschiedenen Stellungen des Kopfes, Rumpfes und der Extremitäten schwankend, bleibt in den Grundzügen allerdings immer dieselbe. Sie ist begründet durch den anatomischen Bau der einzelnen Theile, welche die Wirbelsäule zusammensetzen, ausserdem aber noch durch den mit dem Brustbein einen geschlossenen Ring darstellenden Brustkorb, welcher die Con-

[1]) In Müller's Archiv, 1853, 1854 und 1861.
[2]) Horner in Müller's Archiv, 1854.
[3]) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, 1836.

cavität des Brusttheils der Wirbelsäule in Spannung erhält (Parow), so dass der Brustkorb als ein integrirender Theil der Wirbelsäule aufzufassen ist. Auf dem obersten Ende dieses elastischen, vielgliedrigen Stabes wird der ziemlich frei bewegliche Kopf getragen; sein Schwerpunkt befindet sich beim ungezwungensten Aufrechtstehen senkrecht über dem Atlasgelenk. Der Schwerpunkt von Kopf und Rumpf liegt über einer Fläche, welche von beiden Füssen eingeschlossen und begrenzt wird.

Ein aufrechtes Sitzen ist ebenfalls nur dann möglich, wenn sich der gemeinschaftliche Schwerpunkt von Kopf, Rumpf und Armen über einer Fläche befindet, welche vom Sitztheile, wie wir uns vorläufig ganz allgemein ausdrücken wollen, eingenommen wird, wenn also das Loth, von jenem Schwerpunkte gefällt, in diese Fläche hineinfällt. Der genannte Schwerpunkt befindet sich etwas vor dem Körper des 9. bis 10. Brustwirbels. Die Körpertheile, deren wir uns zum Zwecke des Sitzens bedienen, sind die untersten Stücke der grossen, schaufelförmig geformten Hüftknochen, die sog. Sitzknorren oder Sitzhöcker. Dieselben stellen bogen- oder kufenförmig gestaltete Knochen dar mit vorderem etwas scharfem und hinterem stumpfem Rande; sie dienen einer Reihe von Muskeln zum Ursprungspunkte, welche sich von hier aus nach dem Oberschenkel begeben und mit der Eigenschaft begabt sind, im Falle ihrer Zusammenziehung den Oberschenkel nach rückwärts und nach einwärts zu ziehen. Da die Gestalt der Sitzhöcker nach unten bogenförmig ist, so leuchtet ein, dass, wenn der Körper senkrecht auf ihnen ruht, nur immer ein Punkt mit der Unterlage in Berührung kommt, und dass bei dem Vorwärts- oder Rückwärtsbeugen derselben jedesmal ein neuer Punkt der Sitzunterlage berührt wird. Die Linie, durch welche man sich jedesmal diese beiden tiefsten Punkte der Sitzhöcker verbunden denkt, heisst die Sitzhöckerlinie. Sie ist, so lange nicht noch ein dritter Punkt fixirt ist, welcher die Lage der Unterstützungsebene des Körpers bestimmt, als Axe für die Bewegungen des Oberkörpers wirksam, und dieselbe würde nur in dem besonderen Falle, dass die Schwerlinie genau auf sie fällt, dem Körper Ruhe gewähren; die leiseste Bewegung, welche den Schwerpunkt verrückt, würde den Körper nach vorn oder hinten überschlagen lassen; von ruhigem, sicherem Sitzen könnte also keine Rede sein. Der dritte Punkt, durch welchen die Lage der Sitzfläche bestimmt ist, wird demnach erst zu suchen sein.

Dieser Punkt kann nun vor oder hinter der Sitzhöckerlinie

gelegen sein, und man hat demnach zwei Grundformen des Sitzens zu unterscheiden:

1) eine vordere Sitzlage, bei welcher die Schwerlinie vor die Sitzhöckerlinie fällt, und
2) eine hintere Sitzlage, bei welcher die Schwerlinie hinter die Sitzhöckerlinie fällt.

Bei der ersten Grundform ist der dritte Punkt, welcher die Unterstützungsebene fixirt, gegeben durch die Berührung der Oberschenkel mit der Kante eines Sitzbrettes, auf welchem wir die Sitzhöcker ruhend denken, oder, wo ein breiteres Brett nicht vorhanden ist, durch die Berührungsstelle der Füsse mit dem Boden; beide können übrigens gemeinschaftlich vorhanden sein, wobei der letztere Punkt als accessorischer dritter Punkt wirkt. Bleiben wir bei der ersteren Annahme stehen, so ist also die Unterstützungsebene des Rumpfes ein Viereck, begrenzt von der Sitzhöckerlinie und der vorderen Kante des Sitzbrettes. Da diese Fläche ziemlich gross ist, so sind dem Körper auch ziemlich grosse Excursionen gestattet, bevor seine Schwerlinie ausserhalb dieser Unterstützungsfläche zu liegen kommt, er also zum Fallen kommen könnte. Würde der Körper im Hüftgelenke fixiert, eine Beweglichkeit um die Hüftgelenksaxe also unmöglich sein, so wären jetzt alle Erfordernisse für ein vollständig gesichertes aufrechtes Sitzen gegeben. Dem ist aber nicht so; daher ist nunmehr zu berücksichtigen, wie der Oberkörper sich verhält, wenn die Schwerlinie vor die Hüftgelenksaxe, und wie, wenn sie hinter dieselbe fällt.

Die Verhältnisse werden unter folgender Annahme leicht durchsichtig: Denkt man sich den Rumpf sammt dem Kopf als ein zusammenhängendes Ganzes, so stellt derselbe den langen Hebelarm eines Hebels dar, dessen Hypomochlion die Hüftgelenksaxe und dessen kurzer Hebelarm die Linie ist, welche von der Hüftgelenksaxe senkrecht auf die Sitzhöckeraxe projectirt wird. Fällt nun die Schwerlinie vor die Hüftgelenksaxe, so hebelt der durch seine Schwere nach vorn überfallende Rumpf die Sitzhöckerlinie nach hinten, und es würde diese Bewegung so weit gehen, bis der Rumpf vorn an den Schenkeln eine Stütze fände; es würde ein vollständiges Zusammenklappen erfolgen. Die Bewegung wird aber in der That nie so weit ausgeführt, weil zunächst die Reibung die Sitzhöcker wenigstens in so weit fixirt, dass sie nicht hinlänglich nach hinten ausweichen können, und weil der Beweglichkeit im Hüftgelenk durch die Anordnung der Muskeln an der Hinterseite der Schenkel eine

gewisse Grenze gesetzt ist. Vom Sitzhöcker gehen nämlich nach dem Unterschenkel, u. z. sich an beiden Knochen desselben anheftend, drei Muskeln (Musculus semitendinosus; M. semimembranosus; M. biceps), welche den Unterschenkel im Kniegelenk beugen oder aber bei gestrecktem und festgestelltem Kniegelenk den Sitzhöcker nach abwärts ziehen und das Becken aufrichten; ist also die Neigung des Rumpfes mit dem Kopfe bis zu einer gewissen Grenze nach vorn gegangen, so wird derselben bei gestrecktem Kniegelenk durch die intensive Spannung der genannten Muskelgruppe Halt geboten und das Vornüberfallen unmöglich gemacht, so dass wir es so in der Hand haben, das Vornüberbeugen durch geringere oder grössere Streckung im Kniegelenk leichter zu machen oder zu hindern; denselben Effect erreichen wir natürlich auch, wenn wir durch Uebereinanderschlagen der Schenkel die hinteren Schenkelmuskeln eines unserer Beine mehr spannen und so wenigstens einen Stizknorren feststellen, was noch den Vortheil hat, dass wir durch Abwechseln den Muskeln nach einiger Zeit Ruhe gewähren können. Endlich lässt die gewaltige Muskelgruppe, welche sich von der Fläche und von den Rändern des Os ileum nach dem Oberschenkel hinstreckt (die Glutäen und auch die Adductoren des Oberschenkels), dieses Niedersinken des Oberkörpers nach vorn durch activen Muskelzug nicht zu. Alle diese Kräfte wirken an dem von uns angenommenen unteren Hebelarme; ferner sind auch an dem oberen längeren Hebelarme Kräfte thätig, welche durch die Rückenmuskeln repräsentirt werden. Die ganze Gruppe der Rückenstrecker, welche in langen Zügen an der Hinterseite des Rumpfes, vom Hinterhaupte angefangen bis zum Becken herab, sich erstreckt, auch von Wirbel zu Wirbel hinzieht und jeden einzelnen Theil des gegliederten Wirbelsäulenstabes hinterwärts dem anderen annähert, verhindert das Vornüberfallen. So sehen wir denn eine Masse von Kräften thätig für denselben Zweck, für die Aufrechterhaltung des Körpers bei der genannten Lage der Schwerlinie vor der Hüftgelenksaxe. Wir sehen aber zugleich, dass es nicht sowohl einfach physikalische, sondern vitale Kräfte sind, welche in Thätigkeit kommen, Kräfte, welchen insgesammt die Eigenthümlichkeit zukommt, bald zu ermüden. So würde also nach einiger Zeit der Anstrengung trotz vorsichtiger Benutzung und Eintheilung der zur Thätigkeit herangezogenen Streckmuskeln der Oberkörper, dem Gesetze der Schwere dennoch folgend, herabsinken und vollends nach vorn überfallen. Hier giebt es alsdann nur ein Mittel, nämlich das einer künstlichen Stütze, welche der Ober-

körper entweder selbst findet, oder welche wir ihm geben, indem wir ihn mittelst der Arme, welche wir auf einen festen Gegenstand aufstützen, im Falle gleichsam auffangen.

Wir können also zusammenfassen, dass ein dauerndes, müheloses, aufrechtes Sitzen mit vor die Hüftaxe fallender Schwerlinie überhaupt nicht möglich ist, dass vielmehr der Körper, nach einiger Zeit den Gesetzen der Schwere nachgebend, nach vorn zusammensinkt.

Wir kommen jetzt zur Betrachtung der zweiten, der sogen. hinteren Sitzlage.

Wenn wir, auf den Sitzbeinhöckern ruhend, das Becken nach hinten überneigen, so kommen wir nach dem anatomischen Bau desselben sehr bald an eine Grenze, wo wir einen gewissen Widerstand fühlen; wir berühren mit der Steissbeinspitze resp. mit der Spitze des fast dreieckigen Kreuzbeins die Unterlage und haben in demselben Augenblicke den dritten Punkt jener Ebene gefunden, welche als Unterstützungsfläche des Körpers dienen kann. Diese drei Punkte sind fest mit einander verbunden, da das Knochengerüst des Beckens einen unverschiebbaren festen Bau hat. Darin allein liegt schon ein ausserordentlicher Vorzug dieser Sitzlage gegen die erste; man hat nicht nöthig, den dritten Punkt zu fixiren, sondern derselbe ist als ein fester, unverrückbarer gegeben. Will man nun diese so dargestellte Ebene als Sitzebene benutzen, so ist dies möglich zu machen, indem man der ganzen Wirbelsäule eine intensive Krümmung nach vorn giebt, weil alsdann die Schwerlinie des Rumpfes mit Kopf und Armen senkrecht über die Dreiecksfläche zu stehen kommt; wenn man aber diese aus vielen später zu erörternden Gründen ungesunde und höchst unzweckmässige Stellung nicht annehmen will, so bleibt nichts weiter übrig, als dem stark nach hintenüber liegenden Rumpfe eine Stütze zu bieten, und dies geschieht gewöhnlich in Form einer sog. Lehne.

Die Lehne kann den nach hinten fallenden Oberkörper an den Schultern stützen; dies ermöglicht aber nicht ein aufrechtes Sitzen, sondern ein halbes Liegen. Die Lehne kann aber auch in jeder beliebigen weiter abwärts liegenden Linie den gleichsam nach hinten fallenden Körper stützen und wird alsdann desto mehr dazu beitragen, denselben in aufrechter Stellung zu erhalten, je tiefer sie, in gewissen Grenzen, angebracht ist. Kommt sie nun so tief zu liegen, dass sie den Körper auffängt, noch bevor die Kreuzbeinspitze als dritter Punkt der Unterstützungsebene mit der Unterlage in Berührung kommt, so bleibt das Becken und mit ihm der Rumpf in seiner auf-

rechten Position; diese Höhe entspricht aber dem oberen Rande der Hüftbeine oder dem letzten Lendenwirbel. Eine Lehne, welche also in dieser Höhe angebracht ist, wird ein freies aufrechtes Sitzen ermöglichen. Der Körper wird auf gesicherter Unterstützungsfläche einen hohen Grad seiner Beweglichkeit mit der damit Hand in Hand gehenden Verschiebung der Schwerlinie haben, ohne ins Fallen zu gerathen. Befindet sich der Körper über der Unterstützungsfläche so aufgerichtet, dass die Einzelschwerpunkte des Kopfes, der Arme und des Rumpfes nahezu in einer Linie liegen, und fällt diese nahezu in den Schwerpunkt der Unterstützungsfläche, so wird das Aufrechtsitzen mit dieser Lehne ein gerades und ohne erhebliche Muskelanstrengung bedingtes sein; der Körper wird mittelst rein physikalischer Mittel in dieser Stellung gehalten. Anders ist es, wenn ausgiebige Bewegungen der Arme, Senkungen des Kopfes, Seitwärtsbeugungen u. s. w. vorgenommen werden. Diese Stellungen können nicht in völlig aufgerichteter Position eingenommen werden, ohne dass Muskelthätigkeit dabei wirksam ist. In diesem Falle sind es vorzugsweise diejenigen Muskeln, welche, vom Kreuzbein und dem oberen hinteren Rande des Hüftbeins entspringend, nach den Rippen gehen (der M. sacrolumbalis und M. quadratus lumborum), denen die Aufgabe zu Theil wird, den Rumpf gerade gerichtet zu halten. Die Lendenwirbelsäule wird durch ihren Zug, nachgiebig wie sie ist, stark geknickt und nach einwärts gedrängt und so der Oberkörper in der Balance getragen. Aber auch diese Muskelanstrengung wird, wie jede andere, nicht lange ertragen und führt zur Ermüdung, so dass von Zeit zu Zeit der Rücken gerade gestreckt, die Lendenwirbelsäule entspannt werden muss. Wenn für diesen Zweck eine hohe, nach hinten geneigte Rückenlehne vorgesehen wird, so kann dieselbe den nach hinten sich streckenden Oberkörper gleichsam im Rückwärtsfallen auffangen und so die Wirbelsäule entlasten. In dieser Entlastung giebt sich aber der Vortheil der hinteren Sitzlage am deutlichsten kund gegenüber der vorderen; denn während bei jener die Ermüdung der Rückenstrecker zu einem völligen Zusammensinken des Körpers führen musste mit allen damit verbundenen Hemmnissen der Respiration, mit Pressung der Unterleibsorgane und anderen Schädlichkeiten, welche noch weiter werden besprochen werden, führt die hier sich kundgebende Nothwendigkeit der Muskelentspannung dazu, die Brust heraus zu dehnen, die Unterleibsorgane vom Druck der Brustorgane und des Thorax zu befreien, ihnen durch Streckung der im Sitzen geknickten Wirbelsäule auch nach hinten mehr Raum

zu gewähren. So trägt selbst das Nachtheilige, welches auch dieser Sitzposition anhaftet — da Sitzen niemals einer völligen Ruhelage des Körpers gleichkommt —, dazu bei, dem Gesammtorganismus zum Besten, nicht ihm zum Schaden zu gereichen, ein Beweis dafür, dass überall da, wo andauerndes Sitzen nothwendig wird, immer diese Sitzlage wird gewählt werden müssen.

Wir können also als den Schluss der Betrachtung den bestimmten Grundsatz formuliren: Die Schuljugend muss stets diejenige Sitzlage einnehmen, bei welcher die gesammte Schwerlinie ein wenig hinter die Sitzhöckerlinie fällt; der Oberkörper muss gleichsam im Rückwärtsfallen aufgehalten werden.

Das Schreibsitzen.

Das Schreiben ist eine Beschäftigung, welche sich durch folgende Veränderungen des Oberkörpers von der Position des freien Aufrechtsitzens unterscheidet: Der Kopf wird um seine Queraxe leicht nach vorn gebeugt, die Arme werden gehoben, und der ganze Oberkörper wird ein wenig, wenn auch nur unbedeutend, nach vorn geneigt. Alle drei Bewegungen haben das Bestreben, die Einzelschwerpunkte, mithin auch den Gesammtschwerpunkt nach vorn zu schieben und die Schwerlinie demnach so zu verändern, dass sie vor die Sitzhöckerlinie fällt. Die Gefahr, bei dem Schreibsitzen die hintere Sitzlage zu verlassen, ist deshalb sehr gross und wächst mit jedem Moment, welches dazu beiträgt, den Schwerpunkt eines der genannten Theile weiter vorwärts zu verschieben; daraus folgt umgekehrt, dass jedes Moment, welches gestattet, einen oder den anderen oder alle Einzelschwerpunkte der genannten Theile des Organismus, nämlich den Kopf, die Arme und den Rumpf, weiter nach rückwärts zu schieben, als ein Mittel betrachtet werden muss, jener Gefahr zu begegnen. Immer aber wird die Haltung eine möglichst senkrechte bleiben müssen.

Gegen diese für die Kinder zur Norm erhobene Sitzhaltung sind in jüngster Zeit Bedenken laut geworden (Schenk, Kocher, Lorenz, Schulthess), die von der Ansicht ausgehen, dass die Schreibhaltung der Kinder von anderen Gesichtspunkten zu beurtheilen sei als jene der Erwachsenen. Nach der Auffassung dieser Autoren ist der Anspruch, dass der Rumpf mit eingezogener Lendenwirbelsäule völlig aufrecht gehalten werden soll, allzu rigoros und

auf die Dauer unerfüllbar. Sie empfehlen daher die sog. Reclinationslage mit einem etwas nach hinten geneigten Sitze und einer Lehne, die sich ca. 15° nach rückwärts neigt, bis zur Schultergegend reicht und der Krümmung des Rückens entsprechend geschweift ist. Wie sich Jeder überzeugen kann, ruht in dieser Sitzhaltung der Rumpf bei äusserst geringer Muskelanstrengung aus; der Rücken wird durch die Eigenschwere des Körpers gleichsam an die Lehne gepresst, zumal bei dem nach rückwärts geneigten Sitze ein Vorrutschen der Sitzknorren auf der Bank nicht vorkommen kann. Der Kopf sinkt nicht nach vorn herab, so dass die Augen der Schrift nicht übermässig genähert werden. Seitliche Neigungen des Kopfes vermögen auf die gerade Stellung der Wirbelsäule nur einen unbedeutenden Einfluss auszuüben, weil der Rumpf bis zur Schultergegend durch die geneigte Lehne gestützt ist. Da ferner bei dieser Sitzlage Muskelermüdung nicht so leicht eintritt, so sind damit die Bedingungen für eine dauernd günstige Haltung des Körpers geschaffen.

Die Reclinationslage fordert aber eine relativ grosse Annäherung der Tischplatte, so dass deren vorderer Rand wenigstens 7 cm weit über der Sitzfläche liegt (7 cm Minusdistanz); in Folge dieser Verhältnisse ist die Reclinationslage gewissermassen als Zwangshaltung anzusehen, „wird aber als solche nicht empfunden, da sie die denkbar bequemste Körperhaltung darstellt. Die Kinder nehmen mit Vorliebe auch während der Schreibpausen die Reclinationslage ein, da sie bis zu einem gewissen Maasse unter dem Zwange ihrer eigenen Bequemlichkeit stehen“ (Lorenz).

Indessen erscheint es doch sehr fraglich, ob man diese Haltung als eine natürliche bezeichnen kann. Die Neigung der Sitzplatte bedingt ein entsprechendes Ansteigen der Oberschenkel, wodurch das Becken aufgerichtet wird, so dass es seine natürliche Neigung nach vorn vollständig verliert, ja sie mit einer Rückwärtsneigung vertauscht.

Während Lorenz bei dieser Sitzhaltung der Kinder eine starke Biegung der Wirbelsäule nach vorn in der Lendengegend annimmt und deshalb an dieser Stelle der Lehne einen stark vorspringenden Bauschen vorsieht, zieht Schulthess aus seinen diesbezüglichen Untersuchungen den Schluss, dass es unmöglich sei, im Sitzen gleiche Krümmungsverhältnisse an der Wirbelsäule zu schaffen wie im Stehen. Das Sitzen hebe im Kindesalter jede an der Rückenkrümmung sichtbare Andeutung einer physiologischen Lendenlordose

auf. Schulthess hält es daher bei der Schulbankconstruction für unzulässig, für die Lehne einen Lendenbauschen zu verlangen und von diesem zu erwarten, dass er die physiologische Lendenlordose ganz oder theilweise herstelle. Bei mässiger, für Schularbeit noch zulässiger Rückwärtsneigung wäre bequem eine leichte Kyphose oder ein gerader Verlauf der Wirbelsäule zu erzielen; das sei nach seiner Ansicht das Aeusserste, was man von den Kindern verlangen könne.

Die zuletzt berührten Fragen sind indess noch offene, so dass, ehe die aus ihnen sich ergebenden Forderungen allgemein für die Gestaltung der Schulbänke als berechtigt anerkannt werden können, es noch weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen und praktischer Versuche bedarf.

Es ist eine bekannte Erfahrung, dass selbst die vollkommenste Haltung des Körpers bei längerer Dauer ermüdend wirkt und dass selbst in den besten Schulbänken das Kind schlecht sitzen kann. Je länger die Kinder in einer Haltung sitzen, um so geneigter werden sie, schlechte Körperstellungen einzunehmen. Hierin liegt eine grosse Gefahr für die Entstehung bleibender Rückgratsverkrümmungen. Auch Schulthess findet durch seine Untersuchungen die schon oft ausgesprochene Ansicht bewiesen, dass das Sitzen an und für sich Kindern mit Anlage zu Rückgratsverkrümmungen gefährlich sei, eben deshalb, weil jede vorhandene Asymmetrie der Wirbelsäule stärker hervortritt und etwa vorhandene Seitenabweichungen verstärkt werden. Er sieht hierin eine neue Aufforderung, das Schulsitzen für solche Kinder möglichst zu beschränken bezw. zweckmässig zu unterbrechen; dies gilt sowohl für die Schule als auch für die durch diese veranlasste Anfertigung häuslicher Aufgaben. Sobald deshalb keine ganz bestimmte Haltung, wie sie das Schreiben nun einmal benöthigt, erforderlich ist, soll das Kind eine gewisse Freiheit der Bewegung erhalten. Ein Wechsel ist absolut nothwendig, und man kann Kocher durchaus beistimmen, dass man für diesen selbst eine momentan weniger gute Haltung des Körpers in den Kauf nimmt. Rumpf, Arme und Beine müssen ihre Stellung ändern und sich etwas bewegen können. In letzterer Möglichkeit liegt ja die Erklärung dafür, dass zu Hause, wo die Sitzeinrichtungen zum Schreiben gewöhnlich noch viel schlechter sind als in der Schule, doch nicht solche Nachtheile sich ergeben wie in letzterer, weil eben das Kind aufhören oder seine Stellung ändern kann, sobald es sich müde fühlt.

Im Uebrigen muss namentlich das Schreiben, weil es eine ganz bestimmte, bei längerer Dauer ermüdende Haltung erfordert, nach Möglichkeit beschränkt werden. Tritt zu dieser Beschränkung eine regelmässige Abwechselung zwischen der Schreibhaltung, dem bequemen Aufrechtsitzen und dem freien Stehen, so werden Schädigungen der Gesundheit unserer Kinder durch die Sitzarbeit vermieden werden, wobei natürlich vorausgesetzt werden muss, dass die Subsellien in ihrer Construction den genannten Zwecken thunlichst entsprechen.

Hygienische Anforderungen an die Subsellien.

Wenn wir einen Schüler wollen schreiben lassen, so geben wir ihm eine fest unterstützte Fläche, eine Bank, zur Unterstützungsfläche der Sitzknorren. Auf dieser lassen wir ihn mit dem ganzen Gesäss Platz nehmen, so dass beide Sitzknorren fest aufliegen; die Weichtheile, welche dieselben bekleiden, werden zum Theil zusammengepresst und dienen als Druckpolster, zum Theil sind sie bei Seite geschoben und treten als seitliche Wülste hervor. Zum Auflegen der Schreibmaterialien geben wir dem Schüler eine ebenfalls fest unterstützte Fläche, einen Tisch, auf welchen wir ihn beide Vorderarme, aber nicht ganz bis zum Ellenbogen, auflegen lassen. Die Haltung der Arme und die Stellung der Hand bei Führung des Stiftes oder der Feder sind für das normale Schreibsitzen gleichfalls hervorragend wichtig. Niemals dürfen die Arme während des Schreibens gleichzeitig als feste Stützen des Oberkörpers dienen, sondern sie sollen nur leicht aufliegen und jeder Zeit frei beweglich sein. Die Längsaxe der Hand, welche Feder oder Schreibstift führt, bildet mit der Medianebene des Körpers einen Winkel von 45°. Sitzhöckerlinie, Hüftaxe und Querdurchmesser des Thorax verlaufen unter einander und derjenigen Tischkante parallel, welche dem Schreiber zunächst liegt und die innere Tischkante heissen mag. Der Rumpf ist möglichst gerade gerichtet, in der Gegend des Hüftbeinkammes durch eine quere, der inneren Tischkante ebenfalls parallel laufende Lehne gestützt. Der Kopf ist um die Queraxe ein wenig gesenkt. Die Augenaxen convergiren gleichmässig nach der schreibenden Federspitze, so dass dieselbe ihr Bild nach dem in beiden Retinae befindlichen Punkt des schärfsten Sehens, der Fovea centralis wirft und die durch letztere gelegte Linie der Queraxe des Körpers parallel läuft. (Weiteres über die Schreibhaltung s. beim Capitel:

Schreiben.) Das Innehalten dieser Normalposition ist abhängig von der richtigen Gestaltung der gegebenen Unterstützungsmittel (Tisch, Bank, Lehne) einerseits und der richtigen Stellung derselben zu einander andererseits. Jedes wird daher einzeln und in seinem Verhältniss zum anderen zu prüfen sein.

Die Bank. Die Bankhöhe ist selbstverständlich abhängig von der Länge der Unterschenkel. Da an der Hinterseite der Schenkel die grossen Gefässe und Nerven verlaufen, so würde jede Gewichtsbelastung der Oberschenkel in der Gegend des Kniegelenkes einen permanenten Druck auf Gefässe und Nerven ausüben mit allen denselben zugehörigen Folgen, wie Gefühl des Einschlafens (Kribbeln), Ermüdung der Muskeln sowohl des Oberschenkels wie des Unterschenkels; auf die Dauer und bei steter Wiederholung würden Ernährungsstörungen der Muskulatur sowohl, wie aller übrigen Gewebe, welche den Unterschenkel zusammensetzen, nicht ausbleiben. Daraus folgt also, dass die Fläche der Füsse fest aufliegen muss, und zwar in der ganzen Länge und Breite, oder, was dasselbe besagen will, dass die Bankhöhe nicht grösser sein darf, als die Länge der Unterschenkel, von der Kniekehle bis zur Fusssohle gemessen, beträgt. Ist die Bank höher, so muss das Kind seine Füsse ohne Stütze in der Luft schweben lassen, oder es rutscht an den vorderen Bankrand, um wenigstens mit den Fussspitzen den Boden zu erreichen. Ist die Bank zu niedrig, so muss das Kind die Unterschenkel entweder vorstrecken oder unter die Bank zurückziehen, also eine Haltung einnehmen, bei welcher dem Oberkörper zu einer aufrechten Haltung die Unterstützung durch die fest aufgestellten Füsse fehlt.

Die Banktiefe muss der Länge des Oberschenkels entsprechen. Da in der vorderen Sitzlage die Berührungspunkte der beiden Oberschenkel mit der vorderen Kante der Sitzbank die Linie angeben, welche die Unterstützungsfläche nach vorn begrenzt, so ist dafür zu sorgen, dass diese Linie von der Sitzhöckerlinie möglichst weit entfernt sei, um die dazwischen liegende Fläche möglichst gross zu gestalten; dies gewährt in dieser immerhin mangelhaften Position wenigstens die Möglichkeit, die Schwerlinie ziemlich weit nach vorn zu schieben, ohne dass der Körper in die Gefahr des Zusammenfallens kommt. Allerdings darf man damit nicht so weit gehen, dass die Einnahme der anderen günstigeren Sitzlage, der hinteren Sitzlage, welche die Unterstützung durch die Lehne voraussetzt, zur Unmöglichkeit gemacht wird. Auch darf die vordere Kante nicht

in die Kniekehle so weit hineinreichen, um daselbst irgendwo einen Druck auf Nerven und Gefässe auszuüben, ebenso wenig darf sie, was bei zu grosser Tiefe der Sitzbank ebenfalls möglich wäre, den Unterschenkel in stumpfem Winkel vom Oberschenkel abhebeln, sondern der Unterschenkel muss rechtwinklig im Knie gebogen bleiben. Ganz allgemein ausgedrückt, entspricht die Länge der Unterschenkel bei Knaben und Mädchen etwa 2/7 der Körperlänge (Herrmann, Cohn); die Länge der Oberschenkel entspricht etwa 1/5 der Körperlänge (Raschdorff, Buchner, Lorenz). Durch ein zu schmales Sitzbrett ist der Oberschenkel nicht genügend gestützt und wird der Unterschenkel in eine schiefe Stellung gebracht, so dass die Füsse nicht mit ihrer vollen Fläche aufstehen (Esmarch). Zu schmale Bänke nennt Herrmann wahre Folterwerkzeuge für die Kinder, während Lorenz meint, dass ein etwas zu schmaler Sitz unter der Voraussetzung, dass die Fusssohlen gehörig gestützt sind, keine besonders ins Gewicht fallenden Nachtheile habe.

Der vordere Bankrand wird gewöhnlich 1—3 cm höher als der hintere angelegt. Diese Form hat gegenüber den vollkommen wagerechten Sitzen den Vortheil, dass es den Kindern etwas schwerer wird, auf dem Sitze nach vorn zu rutschen und nur den vorderen Bankrand zum Sitzen zu benutzen. Für das Sitzen in Reclinationslage wird die Sitzebene noch schräger gestaltet werden müssen; sie wird hierzu etwa 8—10° Neigung erhalten.

Das Vorrutschen nach dem Bankrande kann auch dadurch verhindert werden, dass das Sitzbrett entsprechend der Sitzfläche des Körpers ausgeschweift ist. Schulthess hat diese Verhältnisse sorgfältig dargestellt[1]) und kommt so im Ganzen zu einer anderen Gestaltung des Sitzes, als sie bisher üblich war. Maassgebend ist ihm die Lage der Sitzhöcker und der Oberschenkel, welch letztere in der Sitzlage in einer bestimmten Höhe über der Sitzfläche vom Hüftgelenk nach vorn gehen. Diese knöchernen Theile umschliessen nun einen dreieckigen Raum, der oben von den Oberschenkeln und hinten vom Becken begrenzt wird. Als dritte Seite figurirt das Sitzbrett. Dieser Raum ist grösstentheils mit ziemlich straff gespannten Weichtheilen angefüllt. Um zu verhindern, dass die Sitzhöcker nach vorn rutschen, setzt man in das genannte Dreieck einen kleinen giebelförmigen Vorsprung ein und lässt die den Höckern zugewandte Fläche stark nach hinten fallen. Der Vorsprung drückt

---

[1]) Zeitschr. f. orthopädische Chirurgie 1891, p. 41 ff.

sich beim Sitzen in den genannten Raum ein, so dass die Sitzknorren, wollten sie nach vorn rutschen, die steile Fläche überwinden müssten. Der hintere Theil des Sitzes, auf welchem die Sitzhöcker ruhen, liegt wagerecht bezw. in der Neigungsebene des Sitzes und muss etwa 8—10 cm breit sein. Ist dieser Raum zu schmal, so entsteht dadurch, dass der untere Rand der Lehne die Lendenwirbelsäule und damit das Becken vordrängt, eine unangenehme Klemmung. Wird dieser Theil zu breit gemacht, so erhält das Kreuzbein eine zu grosse Neigung nach hinten, und es entsteht dadurch die Tendenz, noch mehr nach vorn zu rutschen.

Der Tisch. Die absolute Tischhöhe hat für den schreibenden Schüler nur geringe Bedeutung. Man wird sie nicht so hoch nehmen, dass dieselbe in keinem Verhältnisse zur Grösse des Schülers steht; man wird sie aber aus pädagogischen Gründen, die wir weiterhin kennen lernen werden, höher nehmen, als man sie einrichten würde, wenn man nur mit dem Schüler zu rechnen hätte.

Wichtiger, ja ganz besonders wichtig ist das Verhältniss der Tischhöhe zur Bankhöhe. Denkt man sich von der inneren Tischkante eines horizontalen Tisches ein Loth gefällt, so schneidet dies die vordere Bankkante oder die verlängerte Fläche derselben in einem Punkte. Die Länge dieses Lothes giebt die senkrechte Entfernung der Bankfläche von der Tischfläche oder die Differenz der beiderseitigen Höhen an. Man hat die Senkrechte kurzhin die Differenz genannt.

Die normale Grösse der Differenz bestimmt in hervorragender Weise das normale Schreibsitzen. Es ergeben sich hier folgende Verhältnisse: Die normale Differenz setzt voraus, dass der Schreibende, ohne die Schultern zu heben, zwanglos beide Vorderarme auf den Tisch auflegen kann, und dass das Schreibheft resp. die Spitze der schreibenden Feder in der Sehweite des normalen Auges, d. i. in der Entfernung von 26—32 cm (für mittlere Druckschrift und Schreibschrift) sich befinde. Die aufgelegten Arme haben alsdann nur den Zweck, das Schreibheft zu fixiren (die linke Hand) und die Feder zu führen (die rechte Hand). Unter welchen Verhältnissen diese so höchst einfachen und durchsichtigen Bedingungen erfüllt sind, ist vielfach Gegenstand der Erörterung gewesen. Schreber[1]) hatte angegeben, die Tischhöhe möge der Magengegend des Kindes entsprechen, womit in anatomischem Sinne soviel wie gar nichts

[1]) Schreber, Ueber die schädlichen Gewohnheiten und Körperhaltungen der Kinder. 1853. p. 48.



gesagt war, da dies einen erheblichen Spielraum von unberechenbarer Weite liess. Wildberger[1]) bestimmte die Höhe der Tischplatte nach der Herzgrube der Kinder, was eben so wenig besagte. Passavant[2]) drückte sich bestimmter aus mit der Angabe, der Tisch dürfe nicht höher sein, als der Ellenbogen des am Körper frei herabhängenden Oberarmes. Flemming[3]) verlangte, dass die Höhe des Arbeitstisches gegenüber der Bankhöhe gleich sei der Höhe des Ellenbogens des sitzenden Kindes. Fahrner[4]) giebt an, dass der Tisch etwas höher über der Bank sein muss, als der Ellenbogen bei gerade herabhängenden Oberarmen steht, und begründet diese Angabe damit, dass beim Schreiben der Ellenbogen des gerade sitzenden Kindes bei nicht hinaufgezogenen Schultern auf dem Tische leicht aufliegen solle; dies geschieht nun in der Weise, dass mit dem Vorbeugen des Vorderarmes derselbe auch etwas in die Höhe geht. Diese sog. „Correctionsgrösse“ wird mit 3—5 cm angenommen. Interessante Erörterungen giebt Daiber[5]), welcher schliesslich dahin gelangt, unter der Voraussetzung einer leicht geneigten Tischfläche, die Höhe der inneren Tischkante mit einer durch den Nabel des Kindes gelegten Horizontalen zusammenfallen zu lassen.

Aus einer grossen Summe von Körpermessungen kam Fahrner zu dem bestimmten Resultat, dass die betreffende Entfernung zur Körperlänge sich verhält

bei Knaben wie 1 : 7,57 bis 1 : 8,3,
bei Mädchen wie 1 : 6,6 bis 1 : 7,7,

d. i. bei Knaben im Mittel über 1/8, bei Mädchen 1/7 der Körperlänge.

Zwez fand aus seinen Messungen die Verhältnisse

für Knaben 1 : 7,06 bis 1 : 7,75,
für Mädchen 1 : 6,4 bis 1 : 6,9.

Die Württembergische Ministerialverordnung verlangt für Knaben eine Differenz von stark 1/6 der Körperlänge, für Mädchen 1/2 bis 1 Zoll (1,5—3 cm) mehr.

Die Unterschiede zwischen Knaben und Mädchen resultiren aus der verschiedenen Art der Bekleidung, da die Röcke bei Mädchen

---

1) Wildberger, l. c. p. 45.
2) Passavant, l. c. p. 21.
3) Flemming jun., Die Rückgratsverkrümmungen. 1858. p. 69.
4) Fahrner, l. c. p. 26.
5) Daiber, l. c. p. 96 ff.

etwas auftragen; weniger von Bedeutung ist im kindlichen Alter das Fettpolster der Schenkel.

Alles zusammengenommen stellt Fahrner folgende Grundsätze für die Tischhöhe auf:

1) Bei gleich hohem Sitze muss der Tisch für Mädchen um 1/2 bis 3/4″ (1,5—2,25 cm) höher sein als für Knaben von derselben Grösse;
2) die Differenz ist bei Knaben und Mädchen = 1/8 der Körpergrösse plus 1—1 1/2″ (3—4,5 cm), wobei für Mädchen auf Rechnung der Kleider noch 5—7‴ (1,5—2 cm) hinzukommen;
3) die Differenz bei 4″ (12 cm) Grössenunterschied differirt nur um 1/2″ (1,5 cm), so dass man, da grössere Genauigkeit nicht nöthig ist, Kinder mit diesem Grössenunterschiede in dieselbe Tischhöhe bringen darf.

Die neueren Autoren stimmen mit diesen Forderungen überein; so nimmt Lorenz als Differenzgrösse 1/7 der Körpergrösse und als Correctionsgrösse 3—7 cm an.

Die Bedeutung der Differenz fällt sofort ins Auge, wenn man die Einflüsse studirt, durch welche Abweichungen von der Norm auf den kindlichen Organismus hervorgerufen werden. — Die zu geringe Differenz fällt zusammen mit zu niedriger Tischhöhe. Ein Schüler, welcher an einem zu niedrigen Tische zu schreiben gezwungen ist, muss zunächst den Kopf stärker als normal senken und den Oberkörper beugen; denn da mit dem Niedrigstehen der Tischplatte die Entfernung der schreibenden Federspitze grösser wird als die Normalsehweite, so muss, um die Schriftzeichen deutlich werden zu lassen, der Kopf dem Tische genähert werden. Hieraus entsteht die oben geschilderte Verschiebung der Schwer-

Fig. 182.



Sitzhaltung bei zu grosser Differenz.

linie vor die Hüftaxe, welche nach einiger Zeit unwiederbringlich zum Zusammensinken des Körpers nach vorn führt. Auf die Dauer wird deshalb die Arbeit an einem zu niedrigen Tische unerträglich.

Sehr schlimme Veränderungen aus dem normalen Schreibsitzen bringt eine zu grosse Differenz, d. i. also die zu bedeutende Höhe des Tisches hervor. Wenn man einen Schüler beobachtet, welcher an einem zu hohen Tische sitzt, so sieht man, dass, wenn er, dem Gebote der Lehrer folgend, die Unterarme auf die Tischplatte legt,

Fig. 183.

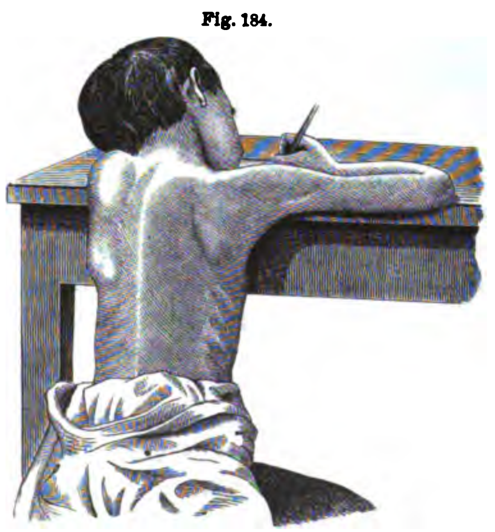


Schiefe Haltung bei zu grosser Differenz.

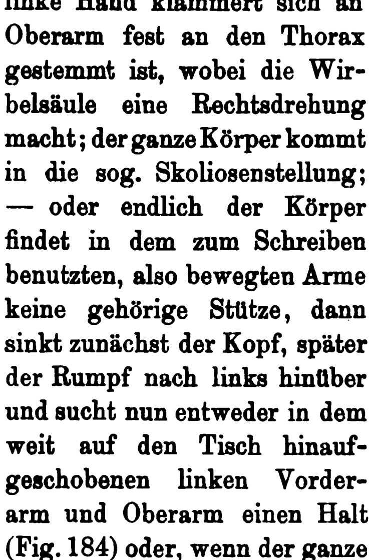
er dieselbe in erster Linie dazu benutzt, den Oberkörper zu heben (Fig. 182). Die Sitzknorren heben sich von der Bank ab, und es werden, um dem Körper die grösstmögliche Höhe zu geben, die vordersten Punkte derselben zur Unterstützung gewählt; auch werden die Oberschenkel mit dem etwas nach vorn sich schiebenden Oberkörper belastet. Die Schwerlinie rückt mehr und mehr vorwärts; die Unterschenkel werden bei dieser Veränderung der Lage unter die Bank geschoben, die Füsse in Plantarflexion gebracht, so dass sie nicht mehr mit der ganzen Fläche, sondern mit ihrem vordersten Theile oder nur mit den Zehen den Boden berühren. Diese Stellung hält, ungünstig, wie sie ist, eine Zeitlang vor; bald erlahmen indess

die Schultermuskeln; auch ist das Athmen durch die mit der Hebung des Oberkörpers und der Fixation der Schultern verbundene Feststellung des Thorax behindert. Die Folge der eintretenden Ermüdung kann nun eine dreifache sein. Entweder rücken beide Arme mehr und mehr auf den Tisch hinauf; der Thorax sinkt nach vorn und stützt sich mit dem Brustbein an die innere Tischkante; der ganze Körper hängt alsdann gleichsam an den Armen; — oder der Körper stützt sich mehr und mehr auf den rechten Arm, welcher weiter auf die Tischfläche hinaufrückt (s. Fig. 183); dadurch wird die linke Schulter frei, der linke Arm wird herabgezogen, die linke Hand klammert sich an den inneren Tischrand, während der

Fig. 184.

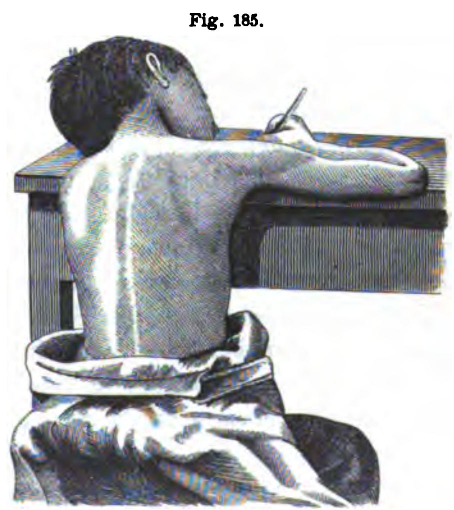


Linksschiefe Haltung bei zu grosser Differenz.



Oberarm fest an den Thorax gestemmt ist, wobei die Wirbelsäule eine Rechtsdrehung macht; der ganze Körper kommt in die sog. Skoliosenstellung; — oder endlich der Körper findet in dem zum Schreiben benutzten, also bewegten Arme keine gehörige Stütze, dann sinkt zunächst der Kopf, später der Rumpf nach links hinüber und sucht nun entweder in dem weit auf den Tisch hinaufgeschobenen linken Vorderarm und Oberarm einen Halt (Fig. 184) oder, wenn der ganze linke Arm den Tisch verlassen hat, an der linkerseits an die innere Tischkante gelehnten Brustwand (s. Fig. 185). Bei dieser dritten Position hat die Wirbelsäule

Fig. 185.



Fortgeschrittene Schiefhaltung bei zu grosser Differenz.

eine leichte Drehung nach links gemacht. — Alle drei Stellungen schliessen bei der öfteren Wiederholung bestimmte unleugbare Gefahren für die Gesammtgesundheit des kindlichen Organismus sowohl, als auch für die Gesundheit der Augen speciell ein, und es wird Gegenstand einer späteren eingehenden Betrachtung sein, die schlimmen Folgen zu ermitteln.

Das grössere oder geringere Maass dieser Veränderungen des Schreibsitzens ist indess nicht allein von der Differenz, sondern, wie man leicht einsieht, in hohem Grade auch von der wagerechten Entfernung abhängig, mit welcher die innere Tischkante von der vorderen Bankkante absteht. Man nennt diese Entfernung, welche gemessen wird, indem man den wagerechten Abstand der vorderen Bankkante von der Lothlinie misst, welche man sich von der inneren Tischkante gefällt denkt, die Distanz.

Wenn ein an einem zu hohen Tische schreibender Schüler die Neigung annimmt, aus der fehlerhaften Anfangsstellung, bei welcher die auf den Tisch gelegten Vorderarme den Rumpf tragen, in die Ermüdungsstellung mit Vorsinken des Brustkorbes an die innere Tischkante einzutreten, so wird man derselben am besten damit entgegentreten, dass man die innere Tischkante auf den nach vorn sinkenden Rumpf zubewegt. Denkt man sich, dass dieselbe so weit vorrückt, dass die Lothlinie auf die Bankfläche selbst fallen würde, so ist wohl die Möglichkeit gegeben, dass sich der Brustkorb an die vordere Tischkante anlehnt, aber es ist nicht mehr möglich, dass der ganze Rumpf nach vorwärts fällt, eben weil er eine ausserhalb des Körpers gelegene Stütze gefunden hat. Die ganze Rumpfrichtung wird eine gerade, ja man ist im Stande, den Oberkörper bis in die hintere Sitzlage (Meyer) zurückzudrängen. Würden nunmehr die Schultermuskeln erlahmen, so müsste der Körper der Schwere folgen und senkrecht nach abwärts sinken. Die Arme gleiten vom Tische und das Schreiben wird unmöglich. So liegt also in dem Hinüberrücken der inneren Tischkante über die vordere Bankkante, in der Herstellung einer Minus-Distanz, ein gewisses Correctiv des oben geschilderten fehlerhaften Schreibsitzens. Die Minus-Distanz ist demnach als wichtiger Factor der Sitzverbesserung bei zu hoher Differenz zu betrachten.

Auf der anderen Seite trägt die Vergrösserung der Distanz wesentlich dazu bei, bei zu hohem Tische das fehlerhafte Sitzen zu erzeugen. Je mehr sich die innere Tischkante von der vorderen Bankkante entfernt, desto mehr Spielraum gewinnt der Rumpf nach

vorn, desto mehr sinkt die Schwerlinie vorwärts, desto schwieriger wird die Geradhaltung, bis endlich bei vollkommenem Versagen der Muskelthätigkeit die fehlerhaften Positionen zu Stande kommen, wie sie geschildert worden sind. Daraus folgt, dass Plus-Distanz bei hohem Tische das Allerschlimmste ist, was dem schreibenden Kinde geboten werden kann.

Die Minus-Distanz wird indess, wie sehr leicht begreiflich, nicht bloss bei zu hohem Tische, sondern selbst bei normaler Tischhöhe ein Correctiv für fehlerhaftes Sitzen sein; sie ist es gerade, welche den Körper zwingt, in die hintere Sitzlage zu rücken und von einer in dieser Lage dem Kreuzbein gegebenen Stütze, der Lehne, auch während des Schreibens Gebrauch zu machen. Vorausgesetzt, dass wir mit der Minus-Distanz nicht zu weit gehen, die innere Tischkante der vorderen Brustwand nicht gar zu nahe bringen, wird sie deshalb auch für das normale Schreibsitzen die zweckmässigste Einrichtung sein. Dies bestätigt sich, wie Buchner sehr richtig betont, in der alltäglichen Erfahrung, dass wir, wenn wir andauernd bequem schreiben wollen, den Stuhl jedes Mal unter die innere Tischkante schieben, also jedes Mal unwillkürlich Minus-Distanz erzeugen. Buchner giebt die Distanz mit Herrmann auf minus 2—2½ Zoll = 5,2 cm bis 6,5 cm an. Cohn begnügt sich mit minus 1 Zoll = 2,6 cm, Esmarch mit 2—3 cm. Gegenwärtig werden allgemein 3—5 cm gefordert.

Grosse Plus-Distanz ist nicht nur für das Schreibsitzen, sondern auch für das freie Aufrechtsitzen ungünstig. Bei diesem soll das Kind die Lehne benützen, um dort den Rücken stützen zu können; zugleich soll es auch die Hände auf dem Tische haben, weil es nicht geduldet werden kann, dass die Kinder die Hände unter dem Tische und namentlich im Schosse haben. Ist nun aber die Tischplatte zu weit entfernt, so finden die Arme nicht ausreichende Stützung, sie ermüden sehr bald und knicken zusammen. Um nun nicht die Hände herabsinken zu lassen, wird der Oberkörper nach vorn geneigt, damit die Arme weiter auf den Tisch geschoben werden können. Die gleichen Verhältnisse treten ein, wenn die Kinder beim Lesen das Buch auf den Tisch legen oder stellen. Es ist also auch für das freie Aufrechtsitzen die grosse Plus-Distanz zu vermeiden, vielmehr geringe Plus-Distanz oder Null-Distanz zu wählen.

Nach den obigen Erwägungen sollte man meinen, in der Minus-Distanz eine wichtige Forderung für die Subsellien gefunden zu haben, da sie, so lange die Kinder schreiben, unumgänglich

nöthig ist. Indess schreiben die Kinder nicht nur, sondern sie haben auch gewisse Beschäftigungen, bei denen sie stehen sollen; die Lehrer verlangen oft ein rasches Aufstehen und ein Stehen für längere Zeit. Das Stehen ist aber bei fester Minus-Distanz nur möglich mit eingeknickten Knieen, vorgebeugtem Oberkörper und Unterstützung desselben mit den Armen, also in der Art eines halben Hockens. Man erkennt also sofort, dass die Minus-Distanz, welche sich so vortrefflich zum Sitzen eignet, zum Stehen nicht taugt; deshalb muss man sich entschliessen, ob man die Schulbänke nur zum Sitzen geeignet einrichten will, oder ob man die Möglichkeit, dass die Kinder auch in der Schulbank zeitweilig stehen, ins Auge fassen will. In ersterem Falle wird man eine feste Minus-Distanz gewähren, sich aber auch hierbei klar machen, dass es für Kinder kein Leichtes sein wird, dauernd in der durch die Minus-Distanz bedingten Zwangs-Sitzhaltung zu verbleiben, da immerhin nicht zu vergessen ist, dass das Sitzen niemals eine Ruhelage ist; überdies bietet die feste Minus-Distanz insbesondere für Mädchen beim Eintreten in die Schulbank eine gewisse Schwierigkeit, ihre Kleider so zu ordnen, dass sie gleichmässig vertheilt liegen und nicht sich nach einer Seite hin zusammenschieben, was augenscheinlich eine schräge Unterlage bedingt. Entschliesst man sich indess dazu, die Schulbank zum Stehen und Sitzen geeignet zu machen, so bleibt kein anderer Ausweg, als die Distanz für das Sitzen anders zu gestalten als für das Stehen, d. h. die feste Distanz überhaupt aufzugeben. So gelangt man also zu der Forderung, Bank oder Tisch beweglich herzustellen.

Auf diesem Standpunkte steht auch die Preussische wissenschaftliche Deputation für das Medicinalwesen, die, wie der Erlass des Preussischen Kultusministeriums vom 30. Januar 1885 ausführt, sich gegen jede Zulassung von Subsellien mit unveränderlicher Distanz ausspricht, auch in dem Falle, wo dieselben nur zweisitzig sind, weil die Forderung der veränderlichen Distanz eine principielle Bedeutung habe. Wir werden Gelegenheit haben zu sehen, wie die Technik dieser Forderung gerecht geworden ist.

Für die Tischbreite sind die verschiedensten Maasse angegeben worden. Die Hygiene hat damit verhältnissmässig wenig zu thun; sie wird sich deshalb pädagogischen Anforderungen fügen. Diese aber setzen voraus, dass die Kinder für die Schreibhefte und Tafeln genügend Raum haben, dass sie, um auch die untersten Linien einer Seite zu beschreiben, die Hefte genügend weit nach vorn schieben

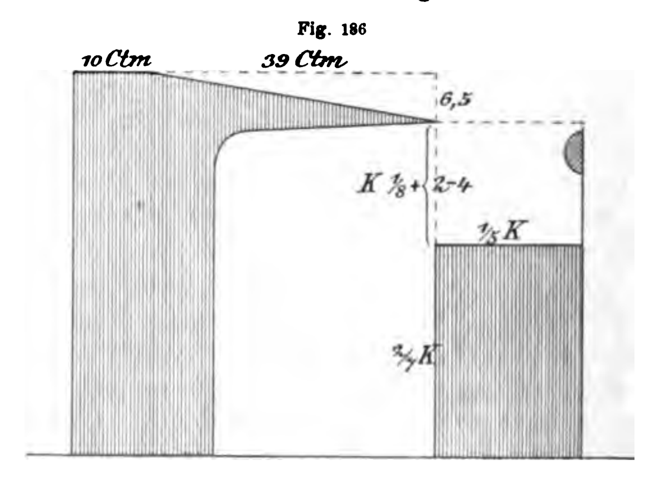
können, ohne dass dieselben den vorn sitzenden Nachbar belästigen oder die Gänge des Lehrers beschränken. Die Schreibhefte sind gewöhnlich 20—22 cm hoch; sie müssen, wenn auf den untersten Theilen des Blattes geschrieben wird, 15—20 cm weit auf den Tisch geschoben werden. Die Tischplatte muss demnach wenigstens 35 cm, besser 40 cm breit sein, wenn das Heft nicht über dieselbe hinausragen soll. Eine geringere Breite nöthigt zu schlechter Haltung beim Schreiben, weil die Vorderarme nicht ausreichende Unterstützung auf der Tischplatte finden. Zu grosse Breite erschwert das Erreichen des Tintenfasses und beansprucht zu viel Raum. Lang giebt als Tischbreite 31,4—40,5 cm an, Zwez 28,1—33 cm, Herrmann 40—47 cm; die Mehrzahl der übrigen Autoren nimmt 39—49 als die Norm an. Für jüngere Altersstufen können diese Zahlen vielleicht etwas beschränkt werden, so dass hier an Raum gewonnen würde, der für Gänge nutzbar zu machen wäre.

Bis zu diesem Augenblicke ist stets davon ausgegangen worden, dass die Tischplatte eine horizontale Fläche sei. Nun steht aber fest, dass man eine Schrift um so besser erkennen kann, je mehr man sie der senkrechten Lage nähert, und dass die horizontale Fläche durchaus nicht dazu geeignet ist, ein leichtes und bequemes Sehen zu ermöglichen. Wollen wir den Schüler zwingen, aus der hinteren Sitzlage auf eine horizontal vorstehende Fläche hinabzusehen, um Schriftzeichen zu erkennen, so muss er den Blick bis auf das Aeusserste senken; dies ist aber sehr unbequem und ermüdend, und deshalb senkt der Schüler lieber den Kopf und, wie wir oben gesehen haben, unter Umständen auch den Rumpf. Bequem würde ihm die Schrift sichtbar, wenn sie sich in einer Fläche präsentiren würde, welche mit der Horizontalen einen Winkel von 45° bildet. Der Gesichtswinkel würde alsdann 90°. Diesen Gesichtswinkel kann man indess nicht geben, weil die Gegenstände von der so geneigten Ebene fortwährend abrutschen würden und weil auch die Arme keine Ruhe finden könnten. Den Vorderarm auf einer stark geneigten Platte erhoben zu halten, wird nach kurzer Zeit sehr unbequem, so dass, um die Ermüdung der Muskeln zu verhüten, instinktiv ein Anstemmen an die Tischplatte mit allen ihren unangenehmen Haltungsfolgen entsteht (Cohn). Man muss sich also mit einer Neigung der Ebene begnügen, welche diese Uebelstände ausschliesst, ohne doch die Nachtheile der Horizontalen zu bieten. Es entspricht aber die Neigung der Tischfläche um 2 Zoll = 5,2 cm auf die Breite von 31,4 cm, also das Verhältniss von 1 : 6 (Herrmann) oder

1:7 nach dem Urtheile aller Autoren dieser Forderung. Diese Neigung gestattet einen Sehwinkel von nahezu 60°, so dass es möglich ist, die Gegenstände auf dem Tische deutlich wahrzunehmen, ohne dass der Kopf erheblich gesenkt wird. Bei der Annahme einer Tischbreite von 49 cm bleiben in der Regel 10 cm horizontal zum Anbringen der Tintenfässer und als Raum für Schreibfedern u. s. w.; dem übrigen Theil von 39 cm hat man die vorgeschlagene Neigung gegeben, welche also 2½ Zoll = 6,5 cm beträgt.

Zuweilen hat man auch, um bei zu grosser Neigung der Tischplatte das Herabrutschen der Bücher zu vermeiden, am vorderen Tischrande eine hochstehende Leiste angebracht. Diese behindert

Fig. 186



jedoch den Blutumlauf in Arm und Hand und ist auch für die Armnerven quälend und empfindlich; sie beeinträchtigt überdies das bequeme Auflegen der Vorderarme und gefährdet so die Sicherheit der Hand. Das Anbringen der Leiste ist daher unbedingt zu vermeiden. Für den Fall, dass man bei erwünschter steilerer Pultlage eine solche Leiste nicht entbehren kann, schlägt Lorenz vor, diese Leiste nur kurz zu machen, so dass der von den Vorderarmen belastete seitliche Antheil des Pultrandes beiderseits ohne Leiste ist.

Die Freunde des Sitzens in Reclinationslage müssen nun, indem sie an dem geneigten Sitze und der stark rückwärts gebogenen Lehne festhalten, auch eine grössere Neigung der Tischplatte fordern (bis zu 20°), um einen zulässigen Sehwinkel herzustellen. Natürlich werden dadurch die Missstände, die der stark geneigten Platte anhaften, wie die Ermüdung der Vorderarmmuskeln und das Herabrutschen der Bücher, um so schärfer hervortreten.

Wenn wir alle unsere Ergebnisse nunmehr noch einmal zusammenfassen, so würde

1. die Höhe der Bank betragen = $^2/_7$ der Körperlänge,
2. die Tiefe der Bank $^1/_5$ der Körperlänge,
3. die Differenz $^1/_8$ der Körperlänge plus $1-1^1/_2$ Zoll = 3 bis 4,5 cm bei Knaben mit einem Zuschlag von 5—7 Linien = 1,5—2 cm bei Mädchen,
4. die Tischbreite 39—49 cm (jüngere Altersstufen 30—35),
5. die Neigung der Tischebene 6,5 cm (6,5 : 39 oder 1 : 6).

Es tritt die Frage an uns heran, ob bei der Voraussetzung einer normalen Sehweite von 10—12 Zoll (26—32 cm) alle die aufgestellten Forderungen überhaupt sich vereinbaren lassen. Denken wir uns einen Schulknaben von 125 cm Grösse, so beträgt für diesen

die Bankhöhe = 35,7 cm,
die Banktiefe = 25 cm,
die Differenz = 15,5 plus 4 = 19,5 cm.

Summa = 80,2 cm.

Der Knabe überragt also mit dem Scheitel die Tischhorizontale um 44,8 cm, so dass dieser von der Mitte der Tischfläche alsdann nahezu 48 cm entfernt ist. Die Mitte der Pupille steht vom Scheitel indess um nahe 12 cm ab (Zwez); diese Grösse abgerechnet, beträgt die Entfernung der Pupillenmitte von der Mitte der Tischfläche alsdann 37 cm, d. i. 5 cm mehr als die normale Sehweite. Um diese würde der Knabe den Kopf beugen müssen, wenn er deutlich sehen will. Würde man indess auch dies noch verhindern wollen, so brauchte man nur um dieselbe Grösse den Tisch zu erhöhen, was allerdings nur zu dulden ist, wenn Differenz und Bankhöhe die richtige bleiben.

Mit der wachsenden Grösse nimmt indess das Missverhältniss der theoretischen Tischhöhe und der Sehweite zu, da letztere nicht mit der Körpergrösse anwächst, und es kommt dahin, dass bei den praktischen Schreibversuchen ein stärkeres Abwärtsneigen des Kopfes und Rumpfes stattfindet, um die richtige Sehweite zu erlangen. Es bleibt hier, vorausgesetzt, dass man nicht Plus-Distanz geben will, wie Thomé in Berücksichtigung dieser Verhältnisse allerdings thut (was indess nach allem Vorangegangenen durchaus nicht angeht), nichts anderes übrig, als mit wachsender Körpergrösse andere Zuwachsgrössen der Tischhöhe, alias Differenz zu geben. Schildbach hat auf dem Wege des Versuches dieselbe festgestellt und für die (später noch ausführlicher zu beschreibende) Kunze'sche Schulbank

angegeben, wonach man bei den nach der Körpergrösse zunehmenden Schulbanknummern 9 bis 1 zu $^1/_7$ der Körperlänge des Schülers noch 1 bis 7,3 cm hinzurechnen muss; für Mädchen kommen ausserdem wegen der Dicke der Röcke noch 1,5 cm hinzu. Mit dieser Anordnung dürfte in der Praxis die aus der theoretischen Betrachtung resultirende Schwierigkeit gehoben sein.

Der vordere Rand des Tisches bildet in der Regel eine gerade Linie. Bei einzelnen Schulbanksystemen wird die Pultplatte unmittelbar vor dem Schüler etwas ausgerundet, so dass dort der Tisch etwas weniger breit ist als seitlich davon. Diese Modification hat nach Cohn eine gewisse Berechtigung. Wenn nämlich der Convexität des Rumpfes an seiner Vorderseite eine leichte Concavität des Tischrandes entspricht, so brauchen die Arme beim Schreiben weniger nach vorn gestreckt zu werden, um unterstützt zu sein.

Die Lehne. Dass die Lehne überhaupt nöthig ist, bedarf nach den im Vorstehenden gegebenen Ausführungen kaum mehr der Erwähnung. Wir haben gesehen, dass dem Kinde dauernde und anstrengende Muskelleistungen nicht zuzumuthen sind; dasselbe muss beim Schreiben sowohl als auch in den Schreibpausen mit ausgiebig gestütztem Rücken sitzen können, um vor Ermüdung geschützt zu sein. Sitzen ist eben keine Ruhelage und ist unter allen Umständen mit Muskelanstrengung verknüpft; Sitzen in der hinteren Sitzlage, welche für die Schule als die beste anerkannt wird, ist ohne Unterstützung der Kreuzgegend überhaupt nicht möglich, weil sonst der Körper nach hinten überschlagen würde. Meyer kommt am Schlusse einer eingehenden Betrachtung zu der Entscheidung, dass die Kreuzlehne der hohen Rückenlehne vorzuziehen sei. In der hinteren Sitzlage haben die Sitzknorren die Neigung, nach vorn abzurutschen, und es tritt wirkliche Ruhestellung erst mit dem Augenblicke ein, wenn das Kreuzbein als dritter Punkt der Unterstützungsfläche des Körpers mit der Bankfläche in Berührung kommt; ist eine hohe Rückenlehne vorhanden, das Kreuzbein also nicht unterstützt, auch die Lendenwirbelsäule nirgends angelehnt, so krümmt sich letztere unter der Last des auf sie drückenden Thorax zusammen und bildet mit der Brustwirbelsäule einen ziemlich gleichmässigen, nach hinten convexen Bogen. Während so der Oberkörper nach vorn zusammengekrümmt ist, rutschen die Sitzknorren ab, und der Körper kommt nicht wieder zu einer sicheren Ruhestellung, wenn nicht etwa der Reibungswiderstand, welchen der Körper auf der Bankfläche findet, dem Abrutschen Halt gebietet. Die Lendenmuskulatur würde auch

nur mit grosser Anstrengung im Stande sein, den Körper vor der mit convex gekrümmter Wirbelsäule gegebenen Kauerstellung zu bewahren, und erlahmt deshalb, wenn sie es versucht, sehr bald. Alle diese Verhältnisse werden mit grosser Sicherheit vermieden bei der Kreuzlehne, von denen man die „niedrige Kreuzlehne", welche die Höhe des hinteren Endes der Hüftbeine nicht überschreitet, und die „Kreuzlendenlehne" unterscheidet, die wenigstens bis zur Höhe der unteren Lendenwirbel reicht. Ein Abrutschen würde bei Verwendung einer solchen Lehne nur dadurch möglich zu machen sein, dass die Sitzbeinhöcker eine Rotation um die Hüftaxe nach vorn machen, womit zugleich eine leichte Hebung des ganzen Körpers vor sich ginge, da die Entfernung des hinteren Theiles der Sitzhöcker von der Hüftaxe grösser ist als die des vorderen Theiles; dem stemmt sich die Reibung des Kreuzbeins an der Lehne, die Reibung der mit der Last des Oberkörpers beschwerten Sitzhöcker an der Bank und endlich der genannte hebende Effect der Rotation entgegen. Die Kreuzlehne gestattet also, wie es den Anschein hat, ein festes Sitzen nahezu ohne Muskelanstrengung; sie ermöglicht auch eine weit freiere Beweglichkeit des Oberkörpers als bei Gebrauch der Rückenlehne, welche beide Schultern feststellt. Der Schüler ist dadurch in den Stand gesetzt, etwa angestrengte Muskeln ausser Thätigkeit zu setzen und andere dafür eintreten zu lassen.

Trotz dieser thatsächlichen Verhältnisse ermüdet der kindliche Körper aber doch in nicht zu langer Zeit auch bei Anwendung der Kreuzlehne; das ist das allgemeine Urtheil der Pädagogen, welche Kinder in Bänken, welche nur mit Kreuzlehnen versehen sind, beobachtet haben. Die Kreuzlehne bietet also zwar einen Beitrag zur Fixation des Rumpfes, allein die Feststellung der oberen Partien des Körpers muss doch mittelst der Muskeln geleistet werden, wenn sie nicht durch eine mittelst Verschiebungen und Drehungen der Wirbelsäule gegebene Fixation herbeigeführt wird (Kocher). Aber auch hier werden jene Muskeln, welche den Oberkörper in seiner senkrechten Stellung erhalten, allmählich ermüden, was zur Folge hat, dass die Wirbelsäule gleichsam zusammensinkt, das bisher gehöhlte Kreuz sich nach hinten wölbt, wobei gleichzeitig die Sitzhöcker auf der Bank etwas vorrutschen. Das Kind sitzt dann mit rundem Rücken. Die nach hinten ausgebogene Lendenwirbelsäule findet nun mit ihrer grössten Convexität an der Kreuzlendenlehne eine Stütze, allerdings nur bei Einnahme einer Kauerstellung des Körpers, die durchaus nicht zu billigen ist. In den Schreibpausen aber gewährt die niedrige

Lehne der Wirbelsäule kaum eine Entlastung, selbst wenn der Rücken weit genug über die Lehne nach rückwärts gebeugt wird (Schulthess). Man wird daher gut thun, von Hause aus Kreuzlehne und Rückenlehne zu combiniren, und zwar so, dass eine Rückenlehne den nach hinten sinkenden Oberkörper in hinterer Sitzlage auffängt, damit die Kinder in der Zeit, wenn sie nicht schreiben — und das ist der grössere Theil der Unterrichtszeit — sich in bequemer Weise anlehnen und so die Rückenmuskulatur entlasten können.

Was die Form der Lehne betrifft, so ist dieselbe durch die Bedingungen, welche die Lehne erfüllen soll, eigentlich gegeben. Die Lehne soll und darf während des Schreibens nicht verlassen werden, d. h. sie soll in einer Sitzart, welche zur Verschiebung der Schwerlinie des Oberkörpers nach vorn gleichsam auffordert, das Kreuzbein dennoch erreichen, dasselbe stützen und dem Körper die Möglichkeit des Uebergehens zum Sitzen in der hinteren Sitzlage gewähren, ohne dass er Gefahr läuft, hintenüber zu fallen. Soll sie diese Aufgabe erfüllen, dann muss sie aber über die Tiefe der Sitzbank nach vorn vorspringen. Fahrner hat deshalb der Lehne die einfache Gestalt einer 4 cm dicken und 6,5—8 cm breiten gut geglätteten, an den Kanten abgerundeten Holzleiste gegeben. Dieselbe wird einfach an 2 Stützen, welche sich senkrecht vom hinteren Rande der Bank erheben, angenagelt. Die Lehne muss an der Bank selbst, nicht wie Cohn dies vorschlägt, an dem nächst folgenden Pult befestigt sein. Die Höhe, in welcher die Befestigung geschieht, entspricht etwa der Differenz, d. h. die obere Kante der Lehne erreicht nahezu die innere Tischhöhe (Herrmann, Varrentrapp). Vorgeschlagen wird auch, 1,5 cm unter derselben zu bleiben, damit die zurückgezogenen Ellenbogen auf der oberen Lehnenkante zeitweise eine Unterstützung finden können. Dies gebe den Kindern die Möglichkeit, bei festgestützten Schultern den Rumpf zu heben und so die Wirbelsäule zeitweilig zu entlasten (Herrmann). Meyer glaubt sogar, dass diese Einrichtung im Stande sei, die Rückenlehne entbehrlich zu machen. Dem gegenüber ist aber zu bemerken, dass die obere Kante der Lehne sicherlich kein bequemer und längere Zeit hindurch benutzbarer Stützpunkt für die Ellenbogen ist, zumal wenn diese mit Hilfe des Schultergürtels die schwere Last des Oberkörpers tragen sollen.

Die Entfernung der Lehne vom Tischrande soll nur so gross sein, dass die Kinder die Lehne beim Schreiben benutzen können und müssen; indessen darf die Bank nicht zu schmal sein, sondern muss dem Körper in diesem Lehnenabstande doch noch immer eine

gewisse Beweglichkeit ermöglichen. Nicht zu vergessen ist aber, dass die Kinder auch während des freien Aufrechtsitzens der Lehne bedürfen. Es muss also die Lehne bei jedem Sitzen zu benutzen sein, und darf diese Forderung, namentlich bei der Veränderung der Distanz mit Hilfe beweglicher Sitze, niemals ausser Acht gelassen werden. Dass man aber dieser Forderung nicht immer entsprochen hat, werden wir bei der Besprechung der einzelnen Schulbanksysteme zu sehen Gelegenheit haben. Die Grösse des Lehnenabstandes hängt auch viel von der Individualität ab. Namentlich haben Kinder, welche früh an Rhachitis gelitten haben, eine stark nach innen gebogene, fast lordotische Lendenwirbelsäule. Für diese wird die Lehne etwas weiter vorgerückt oder in der Dicke verstärkt werden müssen.

Es empfiehlt sich nicht, die Lehne mit dem nächstfolgenden Tische zu verbinden, weil der Lehnenabstand beim Aufstellen der Subsellien, das oft von nicht sachverständigen Personen ausgeführt wird, nicht selten in unzweckmässiger Weise fixirt wird.

Der Lehne darf unten am Sitzbrett nicht der nöthige Raum für das nach hinten mit Wülsten austretende Gesäss und für die aufgebauschten Kleider fehlen, weshalb sie hier entweder durchbrochen oder nach hinten ausweichend zu gestalten ist.

Die Länge des Tisches für das einzelne Kind wechselt mit der Körpergrösse und schwankt zwischen 50 und 65 cm; sie sei gleich der doppelten Länge des Unterarmes vom Ellenbogen bis zur Spitze des Mittelfingers. Herrmann nimmt 50—62 cm, Bendziula 55 bis 65 cm an. Die Platzlänge kann bei Kindern, welche an zweisitzigen Pulten placirt werden, wegen des an einer Seite befindlichen freien Raumes etwas geringer sein. Indess muss sie gross genug angenommen werden, um den Schülern namentlich beim Schreiben ausreichenden Platz zu gewähren. Ist dies nicht der Fall, so ist für beide Ellenbogen kein Raum am Tischrande; in der Regel wird dann der linke Arm vom Tische gezogen, so dass nur die Fingerspitzen das Heft festhalten, während der rechte Arm auf dem Pulte liegt.

In jeder Klasse müssen die Subsellien in 2—3 der Grösse und körperlichen Entwickelung der Kinder angepassten Grössen vorhanden sein (Preuss. Minist.-Erlass vom 30. Januar 1885).

Pädagogische Anforderungen an die Subsellien.

Würde die Schule nur eine hygienische Anstalt sein und ausschliesslich auf die Gesundheit der Kinder Rücksicht zu nehmen haben,

so würde über die Principien des Baues der Schulbänke kaum etwas mehr zu berichten sein, als im Voranstehenden geschehen ist; dem ist aber nicht so. Die Schule ist eine Erziehungsanstalt, und gewiss hat der Lehrer Recht, wenn er fordert, dass alle Einrichtungen den Zwecken und den Aufgaben des Unterrichts entsprechen müssen, dass bei denselben aber auch in gleicher Weise, wie der Gesundheit der Schüler, der seinigen Berücksichtigung zu Theil werde. Seitens der Hygiene ist Beides nie verkannt worden; es ist wohl geschehen, dass man die Erhaltung der Gesundheit der Schüler in den Vordergrund stellte, weil man es hier mit jugendlichen Organismen zu thun hat, auf welche anscheinend geringe Schädlichkeiten, wenn sie in steter Wiederholung einwirken, schliesslich einen höchst deletären Einfluss ausüben, während die Gesundheit der Lehrer widerstandskräftiger ist; aber die pädagogischen Postulate sind von der Hygiene nicht ausser Acht gelassen worden; nur haben dieselben allerdings Einschränkungen erfahren müssen, wo sie den hygienischen direct zuwider laufen, also in zweite Reihe gestellt. Nicht aus Selbstsucht, nicht aus Anmassung ist dies geschehen, sondern weil von Erziehung in dem besten Sinne des Wortes überhaupt nur die Rede sein kann, wenn Körper und Geist gleichzeitig und in demselben Maasse entwickelt werden. Dies gerade ist es, was von Pädagogen nicht selten in unbegreiflicher Weise verkannt worden ist, und aus diesem Irrthum erklärt sich die Abneigung gegen hygienische Maassregeln. Um so erfreulicher ist es, wenn ein Schulmann wie Director Buchner[1]) unumwunden erklärt, „dass er im Anschluss an die sämmtlichen Aerzte, welche bisher die Schulbankfrage beleuchtet haben, als Schulmann die Ansicht habe, dass die Rücksicht auf die Gesundheit der Kinder der Rücksicht auf dasjenige, was der Schulmann ebenfalls bisher für unerlässlich hielt, unbedingt vorausgehe."

Es nähert sich die Ueberzeugung auch in Lehrerkreisen mehr und mehr der Wahrheit, dass die Hygiene kein Hinderniss, sondern das beste Beförderungsmittel des Unterrichts sei, dass der Arzt sicherlich kein Interesse daran habe, die geistige Heranbildung der Schuljugend zu hemmen, sondern im Gegentheil bemüht ist, die Mittel ausfindig zu machen, welche für Lehrer und Schüler das Erreichen des schweren Zieles möglichst erleichtern.

Wenn man mit diesen Gesichtspunkten an die Anforderungen

---

[1]) Buchner, l. c. p. 9.

herantritt, welche der Lehrer im Interesse des Unterrichts an die Bauart der Schulbänke zu stellen hat, so kommt man zu folgenden Resultaten.

Der Lehrer kann verlangen, dass die Schulbänke nicht so niedrig sind, dass er nur unter stetem und beschwerlichem Bücken die Schreibtafeln und Schreibhefte der Schulkinder überblicken kann. In den Vorbereitungsklassen der Gymnasien und in den untersten Volksschulklassen würde es gewiss für den Lehrer eine Qual sein, in der Schreibstunde sich immer wieder zu Schülern herabbeugen zu müssen, welche an einem Tische von etwa 50 cm Höhe arbeiten; auf die Dauer wäre dies nicht auszuhalten. Man wird also gut thun, die Bank um so viel zu erhöhen, als dem Lehrer genügend erscheint. Cohn schlägt vor, die Tischplatte nicht niedriger als 85 cm zu machen, Herrmann 80 cm. Mit Beibehaltung aller früher gefundenen Dispositionen wird den Füssen des Schülers eine künstliche feste Unterlage gegeben, ein sogenanntes Fussbrett, welches in solcher Entfernung von dem Sitzbrette angebracht ist, dass dieselbe genau der Länge des Unterschenkels entspricht. Wir werden also formuliren müssen: An den Schulbänken jüngerer Kinder sind Fussbretter so anzubringen, dass die Schüler bei richtigem Sitzen bequem ihre Füsse auf dieselben stellen können. Der Fuss muss auf dem Fussbrett ruhen, Unterschenkel und Oberschenkel müssen einen rechten Winkel bilden, und die Fussbretter müssen breit genug sein, den ganzen Fuss aufzunehmen. — Unter gewissen Verhältnissen werden die Fussbretter sogar eine directe hygienische Forderung sein, auch ohne Einfluss der Lehrerwünsche. Der Fussboden mancher Schulen ist mitunter und zwar durch Ursachen, die gar nicht oder nur mit grossen Schwierigkeiten abzustellen sind, auffallend kalt, an Regentagen, wenn die Bretter nicht gut ölgetränkt sind, und bei Schnee und bei Frost auch feucht; unter diesen Umständen ist es für die Schulkinder zweckmässig, ihre durchnässten Stiefelsohlen auf trocken gehaltene Fussbretter bringen zu können. Diese gestatten auch die Anwendung des Fussbodens aus Stein oder ähnlichem Material. Das Fussbrett soll durchbrochen sein, damit der von den Kindern an ihrem Schuhwerk trotz aller sonstigen Reinigungsvorrichtungen noch mitgebrachte Schmutz, welcher im Zimmer trocknet und abgescheuert wird, durch die Oeffnungen auf den Fussboden fällt und hier vorläufig ruhig liegen bleibt. Auch Fussbretter mit vertieften Rillen entsprechen diesem Zwecke. Von glatten Fussbrettern wird der Staub weitergescharrt und durch jede Bewegung wieder emporgewirbelt.

Man rede nicht davon, dass Fussbretter das Reinigen der Schul-

zimmer behindern; wenn dieselben an der Schulbank in geeigneter Weise angebracht sind, und wenn, worauf noch wird zurückzukommen sein, die Schultische in geeigneter Weise am Fussboden befestigt sind, wird es ganz gleichgültig für die Reinigung sein, ob Fussbretter vorhanden sind oder nicht.

Noch ist zu erwähnen, dass diese Fussbretter oder Podien sich nicht zu hoch über den Fussboden erheben dürfen, weil es sonst für die Kinder, insbesondere für die kleinsten, beschwerlich, ja gefährlich sein würde, wenn sie aus der Bank und dabei zugleich von dem hohen Fussbrett in den niedrigen Gang treten.

Der Lehrer kann ferner verlangen, dass die Schüler im Interesse des Anstandes aufstehen, wenn er mit ihnen spricht, ferner, dass jeder einzelne Schüler, ohne den andern zu stören, den Platz verlassen kann.

Was die erste Forderung betrifft, so kann sich mit ihr auch die Hygiene befreunden; das andauernde Sitzen, namentlich das Schreibsitzen, ist, auch wenn die Schulbank noch so vortrefflich construirt ist, ungesund, und es ist gewiss vortheilhaft, wenn der Schüler wenigstens zeitweilig, und sei es auch nur für Minuten, aufstehen kann; dies giebt der thätigen Rücken- und Lendenmuskulatur einige Zeit zur Erholung, bessert die Athmung und befreit die Augen von angestrengter Arbeit. Das Aufstehen in der Schulbank bei 0-Distanz ist aber schwer und bei einer Minus-Distanz von 3—5 cm fast unmöglich. Hier bleibt also bei fester Minus-Distanz nur die Möglichkeit, dem Schüler das seitliche Heraustreten aus der Schulbank zu ermöglichen, und dies ist geschehen durch die Annahme der zweisitzigen Schulbänke (Bucher, Guillaume, Kleiber, Rettig). Wenn nur zwei Knaben neben einander an einem Pulte sitzen, wenn rechts und links von demselben sich ein Gang befindet, so ist es natürlich möglich, dass jeder Knabe den Gang benutzt und aus dem Pulte heraustritt. Diese Pultform mit fester Minus-Distanz ist nun auch in der That vielfach in Anwendung.

Die Variation der Distanz von Plus zu Minus ist an den verschiedenen Subsellien verschieden ausgeführt, so durch Verschiebung der Tischplatte, durch Theilung der Tischplatte, durch Beweglichmachen der Sitzbretter u. s. w.; diese Einrichtungen gewähren nicht allein die Möglichkeit des freien, leichten Aufstehens, sondern gestatten theilweise auch zu Zeiten, wo nicht geschrieben wird, die Entfernung jener immerhin unbehaglichen Enge, welche der festen Minus-Distanz eigen ist. Wir können also auch von pädagogischen Gesichtspunkten aus zusammenfassen: Entweder macht man die Minus-

Distanz beständig und fest, dann muss die Schulbank zweisitzig, d. h. nur für zwei Kinder eingerichtet sein; oder man macht sie, was sicher besser ist, wandelbar, dann kann die Schulbank mehrsitzig sein.

Welche Art der Subsellien nun gewählt werden, kann nicht allgemein, sondern immer nur unter Berücksichtigung der verschiedensten Umstände entschieden werden. Das preussische Unterrichtsministerium empfiehlt in dem schon erwähnten Erlass vom 30. Januar 1885 Folgendes: Die sämmtlichen Sitze eines Subselliums für die Volksschulen, Vorschulen und die beiden unteren Klassen der höheren Lehranstalten werden in einer durchgehenden Bank vereinigt, welche mit einer einfachen und dauerhaften Einrichtung zum Verändern der Distanz versehen wird. In den übrigen Klassen der höheren Lehranstalten erhält jeder Schüler einen besonderen beweglichen Sitz, wenn die Subsellien für mehr als zwei Schüler eingerichtet sind. Erlaubt es die verfügbare Räumlichkeit des Schulzimmers, so empfiehlt sich die Beschaffung von zweisitzigen Bänken mit Zwischengängen. Bei dieser Anordnung ist die Anwendung von Bänken ohne veränderliche Distanz zulässig, weil die Schüler alsdann beim Aufstehen in die Zwischengänge hinaustreten können. Die „Wissenschaftliche Deputation für das Medicinalwesen", welcher diese Vorschläge zur Begutachtung vorgelegt wurden, sprach sich aus principiellen Gründen gegen die Zulassung von Subsellien mit unveränderlicher Distanz aus, sogar auch in dem Falle, wo die Subsellien zweisitzig sind. Sie war auch der Meinung, dass dem Schüler durch die Beweglichkeit der für mehrere Kinder gemeinsamen Bank eine durchaus genügende und für sein körperliches Befinden gewiss zuträgliche Abwechselung in der Körperhaltung mehr gewährleistet werde als durch bewegliche Tischplatten.

Ein drittes pädagogisches Postulat ist endlich das sog. Bücherbrett. Ein Jeder kennt das Brett, welches sich unter der Tischplatte befindet und zum Auflegen der mitgebrachten und für den Augenblick nicht gebrauchten Bücher resp. der Schulmappen dient. Mit ihm hat die Hygiene wenig zu schaffen, und sie würde es, falls es der Ausführung der anderen Bedingungen einer normalen Schulbank hinderlich wäre, ohne Weiteres bei Seite schaffen. Allerdings lässt sich das Bücherbrett so anbringen, dass es auch vom hygienischen Gesichtspunkte nicht als schadenbringend erscheint. Die Schwierigkeit lag stets darin, es so herzustellen, dass es den Knieen der Kinder nicht zu nahe kam. Cohn kam deshalb im Anschluss an die amerikanische Einrichtung auf den Gedanken, dasselbe unter der

Sitzbank anzubringen. Herrmann, Fahrner, Buchner u. A. brachten es allerdings so geschickt an, dass es unter der Tischplatte noch Platz fand. Als ziemlich allgemeine Regel wurde angenommen, dass sein unterer Rand 8—12 cm unter dem Tischbrette bleibe, und dass das Tischblatt immer 11—13 cm darüber hinausrage (Fahrner, Herrmann). Buchner hat es durch die bedeutende Breite seiner Tischplatte (= 47 cm) etwas tiefer herabbringen können, ohne dass es hinderlich für die Schenkel wird. An der Kunze'schen Schulbank befindet sich je nach den Modellnummern die untere Fläche des Bücherbrettes 6—15 cm von der Bankoberfläche; ähnlich ist es an den Systemen von Lickroth, Elsässer, Vogel u. A. In der Buhl-Linsmayer'schen Schulbank, welche zweisitzig ist, hat man das Bücherbrett fortfallen lassen und Bücherkästchen zwischen den zwei Sitzen angebracht.

Sollen die Mädchen beim Unterricht in weiblichen Handarbeiten in der gewöhnlichen Schulbank bleiben, so müssen die Tischplatten mit beweglichen Klapppulten versehen sein, um die zur freien Bewegung der Arme erforderliche Plus-Distanz zu gewähren. Diese Pulte können so eingerichtet werden, dass sie im gegebenen Falle sich ganz auf den Tisch zurücklegen lassen und so die bequeme Aufstellung eines Nähkissens gestatten.

Weitere Eigenschaften normaler Subsellien.

Die weiteren Anforderungen an die Construction der Subsellien sind mehr technischer Natur. Das Material, aus welchem die Schulbänke zu fertigen sind, ist Holz oder Eisen mit Holz combinirt; das Holz muss möglichst trocken sein, um zu keinen Rissen, Verbiegungen u. s. w. Anlass zu geben. Die Risse sind besonders unangenehm, weil sich in ihnen Staub ansammelt. Die Stützen von Tischplatte und Sitzbank werden häufig von Eisen gefertigt. Eiserne Gestelle haben gegenüber hölzernen eine gefälligere Form, sind haltbarer, beanspruchen weniger Raum, begünstigen eine grössere Sauberkeit und gewähren wegen ihrer Durchsichtigkeit dem Lehrer die Beobachtung dessen, was unter dem Tische geschieht. Tischplatte, Bücherbrett, Bankplatte und Lehne dürfen aber nicht von Eisen sein, die Tischplatte möglichst aus hartem Holz; die aus Holz gefertigten Stücke müssen gut geglättet, an den Kanten gerundet, gebeizt und polirt sein. Ob man der Tischfläche die Naturfarbe des Holzes lässt oder dieselbe schwarz färbt, hängt von Rücksichten der Sauberkeit ab.

Tisch und Bank sind fest mit einander verbunden herzustellen oder doch so einzurichten, dass sie unverrückbar mit einander befestigt werden können. Nur wenn dies der Fall ist, hat man die Sicherheit, dass die vorgeschriebene Distanz wirklich eingehalten wird; sonst kann es vorkommen, dass trotz richtiger Construction die Bänke aus Unwissenheit oder aus persönlichen Gründen mit falscher Distanz aufgestellt werden. Natürlich ist bei einer derartigen Construction ein Verbindungsstollen zwischen Tisch und Bank nothwendig, der aber nicht nur das Ein- und Austreten behindert, sondern auch die bequeme Reinigung des Fussbodens erschwert. Die letztgenannten Uebelstände sind bei den Subsellien, wo der Sitz mit dem Pult der nächstfolgenden Bank verbunden ist, vermieden. Aber bei dieser Construction ist ein einzelnes Pult als besonders gebaute Anfangsbank und eine einzelne Lehne als besonders gebaute Schlussbank erforderlich, ebenso auch noch Uebergangsbänke, d. h. solche, deren Sitz für die vordere und deren Pult für die hintere Bank passt, wenn Bänke von verschiedener Grösse in einer Reihe aufgestellt sind. Auch können bei diesen Bänken, denen in der Regel eine besondere Lehne fehlt, leicht Störungen vorkommen, wenn der Schüler sich an den hinter ihm stehenden Tisch lehnt oder auf denselben legt.

Die Säuberung des Fussbodens namentlich unterhalb der Subsellien ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, und doch ist die regelmässige Entfernung des abgelagerten Schmutzes und Staubes, sowie das feuchte Aufwischen des Fussbodens eine unbedingt zu erfüllende Forderung der Hygiene. Dahin lauten auch neuere behördliche Anordnungen. Nach einer Verfügung des Provinzial-Schul-Collegiums zu Cassel [1]) ist im Interesse einer leichten Reinigung des Fussbodens die bequeme Beweglichkeit der ganzen Subsellien erwünscht. Wo diese nicht vorhanden, seien bei Beschaffung neuer Subsellien eiserne Gestelle, Einrichtungen zum Auf- und Ueberklappen der Tischplatte und bewegliche Sitze zur Regel zu machen. — Wo die Schulbänke zur Erzielung grösster Stabilität auf dem Fussboden befestigt sind, da sollte dies nur in der Art geschehen, dass zum Zwecke der Reinigung des Fussbodens diese Befestigung leicht gelöst werden kann. Diese Aufgaben zu erfüllen, wird der Technik gewiss nicht schwer fallen. Das Schulbanksystem von Rettig zeigt beispielsweise eine derartige praktische Einrichtung, die es ermöglicht, die Subsellien nach der Seite hin umzulegen.

---

[1]) Centralblatt 1892, p. 740.

Nach Dauerhaftigkeit und Festigkeit des Holzes kann die Dicke der angewandten Bretter verschieden sein. Von gutem Holze wird man für Tischplatte, Bankplatte, Stützen der Tischplatte u. s. w. etwa 3,5 cm dicke Bretter verwenden. Das Bücherbrett kann dünner sein. Der Stollen für Tisch und Bank kann etwa 6,5 cm dick und breit sein; eine grössere Höhe an der Eingangsstelle der Bank erschwert das Ein- und Austreten. Alles muss gut gefugt und geleimt sein. Die Stützen der Rückenlehnen müssen besonders gut befestigt sein; am besten werden sie eingefugt und mit eisernen Bändern gesichert.

Die Stützwangen der Tischplatte werden so ausgeschweift, dass der Schüler bequem hinein und heraus kann, was namentlich bei der zweisitzigen Schulbank mit fester Minus-Distanz wichtig ist; das Kind darf nicht in Gefahr kommen, bei raschem Verlassen der Bank anzustossen. Ob eiserne Stützen von Gusseisen oder Schmiedeeisen sind, ist völlig gleichgültig; letztere haben allenfalls die grössere Dauerhaftigkeit für sich. Bei Eisen ist aber das Rückwärtstreten der Stützen, um freien Raum für den Eintritt des Schülers in das Subsellium zu gewähren, und ebenso die sorgfältige Abrundung der Kanten besonders wichtig.

Die Tischplatte ist an dem horizontalen Theile gekehlt, um den Federn und Haltern u. s. w. sicheren Raum zu lassen; sie enthält auch das Tintenfass, das in die horizontale Tischplatte eingelassen ist. Jedes Kind erhält ein Tintenfass, an welchem ein fest und sicher schliessender Deckel befestigt ist und welches sich zu seiner rechten Hand befindet.

Wenn wir zuletzt noch von den Subsellien fordern, dass sie möglichst dauerhaft construirt sind, um Reparaturen zu verhüten, und dass sie billig sind, damit auch ärmeren Gemeinden die Anschaffung guter Subsellien ermöglicht wird, so glauben wir, die wichtigsten Anforderungen an die Subsellien dargelegt zu haben.

Grösse der Schuljugend.

Wir haben bis jetzt nur im Allgemeinen die Principien skizzirt, nach welchen bei der Construction gesundheitsgemässer Schulbänke vorzugehen ist, und haben gewisse, von einer Reihe von Autoren gefundene Verhältnisszahlen zur Grundlage genommen. So wichtig dieselben auch sein mögen, so ist man dennoch kaum im Stande, mit ihnen zu praktischen Resultaten zu gelangen, weil die Handwerker oder Fabriken, welchen die Ausführung der Subsellien nach

den entworfenen Grundrissen definitiv übertragen wird, mit Recht bestimmte Zahlen fordern, nach welchen sie zu arbeiten haben. Zu diesen Zahlen gelangt man nur durch directe Messungen der Schuljugend, die bereits in grösserer Zahl vorliegen.

Die Messung.

Es ist hier nicht der Ort, complicirte Apparate für die Grössenmessung der Kinder zu beschreiben, sondern es sind nur solche Vorrichtungen zu erwähnen, die auf leichte, nur geringe Kosten verursachende Weise es dem Lehrer ermöglichen, die Körpergrösse der Kinder zu ermitteln und zwar mit einer Genauigkeit, wie sie den Schulzwecken entspricht. Der augenscheinlich am meisten praktische und am schnellsten zum Ziele führende Weg ist von Herrmann[1]) vorgeschlagen worden. Dieser Autor liess die Kinder einer Klasse der Reihe nach vor einen etwa 10 cm breiten und 45 cm langen Papierstreifen hintreten, welcher in der der Schülergrösse etwa entsprechenden Höhe an der Wand befestigt war. Auf den Kopf des zu messenden Kindes wurde nun eine kleine, aus zwei rechtwinklig an einander gefügten Brettchen bestehende Vorrichtung aufgelegt und an der Stelle, wo der wagerechte, auf dem Scheitel ruhende Theil derselben den Papierstreifen berührte, ein Strich gemacht; neben dem Strich wurde sogleich das Alter des Kindes vermerkt. Fahrner und Cohn haben in ganz ähnlicher Weise gemessen, nur das sehr zweckmässige Messinstrument nicht benutzt, sondern nach dem Augenmaass die Striche gemacht. Man kann, wie Cohn versichert, auf solche Weise die Grösse von ca. 80 Kindern in 2 Minuten bestimmen. Beide stimmen übrigens darin überein, dass für die Grössenverhältnisse ½ Zoll = etwa 1,5 cm bedeutungslos sei.

v. Lange[2]) hat neuerdings eine Scalamaasstabelle herausgegeben, durch welche die Messung der Schüler erleichtert wird. Dieselbe hat eine Länge von ca. 2 m und eine Breite von 48 cm und weist 48 senkrechte Columnen auf, in welche die Körperlänge der Gemessenen eingetragen werden soll. Die Tabelle ist oben mit Ringen

---

[1]) l. c. p. 33.

[2]) Emil v. Lange, Die normale Körpergrösse des Menschen von der Geburt bis zum 25. Lebensjahre. Nebst Erläuterungen über Wesen und Zweck der Scalamaasstabelle. München 1896.

Derselbe, Scalamaasstabelle. Messapparat für Körpergrösse. Ebenda 1896.

zum Aufhängen und unten mit einer schweren eisernen Schiene versehen, so dass der Messapparat immer in glatter Spannung hängt. Ausserdem ist noch ein rechter Winkel aus Holz beigegeben, der auf den Kopf des zu Messenden so gelegt wird, dass der kürzere Schenkel den Kopf, der längere die Tabelle berührt. Auf der Tabelle befindet sich noch eine Scala, welche die Maxima und Minima der normalen Körpergrössen für beide Geschlechter und für die einzelnen Alterstufen angiebt; allerdings können die gegebenen Zahlen nicht als völlig einwandfrei angesehen werden.

Absolute Körpergrösse.

Um ein Bild von dem Längenwachsthum der Kinder während ihrer ganzen Entwickelungszeit zu geben, seien aus der grossen Zahl von diesbezüglichen Messungen nur die bedeutsamsten berücksichtigt. Der erste Autor, der die Feststellung von Durchschnittszahlen für die körperliche Entwickelung versuchte, war Quetelet [1]) in Brüssel. Er war der Ansicht, dass die Messung von je zehn als „regulär zu betrachtenden“ Individuen zur Gewinnung richtiger Mittelwerthe ausreichend sei. In Folge dieser geringen Anzahl von Einzelwerthen und in Folge des Umstandes, dass Quetelet die Messungen nur an möglichst gleichmässig entwickelten Individuen aus jeder Jahresklasse vornahm, zeigten seine Resultate eine grössere Regelmässigkeit als diejenigen anderer Autoren. Bowditch [2]) in Boston führte wirkliche Massenuntersuchungen aus, indem er Messungen an circa 25 000 Kindern aus verschiedenen dortigen Schulen vornahm. Im Jahre 1882 wurden in Dänemark und in Schweden officielle Commissionen mit der Aufgabe ernannt, durch statistische Ermittelungen verschiedene schulhygienische Fragen zu prüfen. Die dänische Commission [3]) untersuchte über 29 000 Kinder aus ländlichen und städtischen Volks- und höheren Schulen. Die schwedische Commission [4]) hat etwa 18 000 Kinder aus den höheren Schulen untersucht.

---

[1]) Quetelet, Anthropométrie ou mesure les différentes facultés de l'homme. 1878.

[2]) Bowditch, The growth of children. 1879.

[3]) Hertel, Neuere Untersuchungen über den allgemeinen Gesundheitszustand der Schüler und Schülerinnen. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1888.

[4]) Axel Key's Schulhygienische Untersuchungen. Deutsch von Burgerstein. Hamburg 1889. — Ferner:

Key, Die Pubertätsentwickelung und das Verhältniss derselben zu den Krankheitserscheinungen der Schuljugend. Berlin 1890.

Landsberger[1]) in Posen maass 1880—1886 alljährlich eine Anzahl von Posener Schulkindern und zwar immer dieselben. Carstädt[2]) in Breslau hat ca. 600 Schüler wiederholt gemessen, so dass diese Resultate sich als die Ergebnisse von 4274 Einzelmessungen darstellen. Oppenheimer[3]) hat im pathologischen Institut zu München bei 943 Sectionen die Grössenverhältnisse des Körpers festgestellt; indessen zeigen seine Zahlen bedeutende Unregelmässigkeiten, was sich durch die geringe Zahl von Individuen erklärt, die in jeder Jahresklasse untersucht worden sind. Ausserdem sind noch zu nennen die Messungen von Liharzik, Roberts, Pagliani, Russow, Geissler-Uhlitsch u. A.

Die auf der nächsten Seite stehende Tabelle giebt die Körpergrössen in Centimeter für die einzelnen Lebensjahre an.

Die absolute Länge nimmt im 1. Lebensjahre am meisten zu. In den nächsten 3 Jahren verringert sich die Längenzunahme mehr und mehr, um darauf in annähernd gleichen Stufen bis zum 12. Lebensjahre vorzuschreiten. Während der letzten Zeit dieser Periode ist bei den Knaben die Zunahme am geringsten. Es markirt sich hiermit eine Zeit, in welcher die Entwickelung der männlichen Individuen am schwächsten verläuft. Mit dem Beginn der Pubertätsperiode, bei den Knaben vom 13. und 14. Jahre an, tritt eine mehrjährige Steigerung ein, die bei diesem Geschlechte mit dem 15. und 16. Lebensjahre ihr Maximum erreicht. Nach diesem Höhepunkt im Wachsthum geht das Individuum mit immer kleiner werdenden jährlichen Zunahmewerthen seiner grössten Länge entgegen. Bei den Mädchen findet sich die schwächere Wachsthumsperiode, die unmittelbar vor dem Beginn der Pubertätsentwickelung liegt und die sich bei den Knaben so scharf markirt, nicht so bestimmt vor; bei ihnen zeigt das 10. und 11. Jahr das Minimum, das 13. und 14. Jahr das Maximum der Längenzunahme. Letzteres tritt demnach bei den Mädchen früher ein als bei den Knaben.

Das Längenwachsthum der Schuljugend, wie es eben geschildert ist, soll nur ein allgemeines Bild dieser Verhältnisse geben, da sowohl die absolute Grösse als auch die Zunahme in den einzelnen Lebensjahren recht ungleiche Werthe ergeben, wenn wir die

---

[1]) Landsberger, Das Wachsthum im Alter der Schulpflicht. Archiv f. Anthropologie Bd. XVII.

[2]) Carstädt, Ueber das Wachsthum der Knaben vom 6. bis zum 16. Lebensjahr. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1888.

[3]) Oppenheimer, Ueber die Wachsthumsverhältnisse des Körpers und seiner Organe. Dissertation. München 1888.

Untersucher	Geschlecht der untersuchten Kinder	Lebensjahr																
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
Quetelet . .	männlich	50,0	69,8	79,1	86,4	92,7	98,7	104,6	110,4	116,2	121,8	127,3	132,5	137,5	142,3	146,9	151,3	155,4
	weiblich	49,4	69,0	78,1	85,4	91,5	97,4	103,1	108,7	114,2	119,6	124,9	130,1	135,2	140,0	144,6	148,8	152,2
Bowditsch .	männlich	—	—	—	—	—	105,6	111,1	116,2	121,3	126,2	131,3	135,4	140,0	145,3	152,1	158,2	165,1
	weiblich	—	—	—	—	—	104,9	110,1	115,6	120,9	125,4	130,4	135,7	141,9	147,7	152,3	155,2	156,4
Dänische Commission . .	männlich	—	—	—	—	—	—	112,0	115,0	120,0	125,0	130,0	135,0	138,0	143,0	149,0	156,0	164,0
	weiblich	—	—	—	—	—	—	112,0	115,0	120,0	125,0	130,0	133,0	138,0	146,0	151,0	154,0	159,0
Schwedische Commission .	männlich	—	—	—	—	—	110,0	116,0	121,0	126,0	131,0	133,0	136,0	140,0	144,0	149,0	156,0	162,0
	weiblich	—	—	—	—	—	—	113,0	116,0	123,0	127,0	132,0	137,0	143,0	148,0	153,0	157,0	159,0
Landsberger	männlich	—	—	—	—	—	—	106,9	112,2	117,3	122,1	125,4	130,0	135,2	139,9	—	—	—
Carstädt . .	männlich	—	—	—	—	—	—	109,3	113,8	118,9	123,7	128,5	133,3	138,1	143,3	149,1	156,6	162,8
Oppenheimer	männlich	—	74,0	77,2	87,0	94,6	96,3	101,5	107,3	107,0	118,0	116,5	127,4	129,3	139,7	147,3	158,7	156,0
	weiblich	—	69,0	77,3	84,8	91,9	98,4	103,6	105,2	111,0	119,3	124,0	125,0	122,0	130,0	141,8	153,0	148,2

einzelnen Länder in Betracht ziehen. So zeigen z. B. die Einzeluntersuchungen, dass die Kinder in Nordamerika (Bowditch), Dänemark und Schweden im Allgemeinen an Grösse den Kindern der übrigen Länder überlegen sind. In ihrem 6. und 7. Lebensjahre sind sie 6—10 cm grösser als ihre gleichalterigen Genossen anderer Länder; dieser Unterschied verringert sich zwar bis zum 13. und 14. Lebensjahre bedeutend, aber schon von letzterem Zeitpunkte ab nimmt das Längenwachsthum wieder schneller zu, so dass im nachschulpflichtigen Alter der bezeichnete Grössenunterschied — wenn auch nur theilweise — wieder bemerkbar wird.

Wie in den verschiedenen Ländern, so sind die Grössenverhältnisse der Kinder auch in einzelnen Districten desselben Landes und derselben Nationalität verschieden, und man wird schwerlich vermeiden können, an den Kindern der einzelnen Gemeinden Grössenbestimmungen vorzunehmen, um zu den für die Schulbänke erforderlichen Maassen zu gelangen. Daher dienen die angegebenen Zahlen nur als etwaige Anhaltspunkte, während gewisse allgemeine Wachsthumsgesetze, wie die von Liharzik[1]), Zeising[2]), Quetelet gefundenen, als Grundlagen angesehen werden können, nach welchen von vornherein die wahrscheinlichen Wachsthums- und Grössenverhältnisse der Kinder und sonach die Maasse der für dieselben passenden Subsellien construirt werden könnten. Insbesondere sind hier Liharzik's Angaben von Werth, weil dieselben auf mathematische Grössen hinaus kommen. Liharzik unterscheidet drei Wachsthumsepochen, von denen uns hier die zweite, welche bis zum 151. Lebensmonat reicht, und die dritte bis zum Wachsthumsende reichende besonders interessiren. In der zweiten Epoche, welche sich in zwölf Perioden eintheilt, wächst das Kind für jede Periode um 8 cm; in der dritten, welche sechs Perioden hat, in jeder Periode um 2 cm. Die zweite Epoche beginnt mit der siebenten Periode am Schlusse des 21. Lebensmonates, und jede Periode ist um einen Monat länger als die vorangegangene, so dass sie mit dem 150. Lebensmonat abschliesst; die dritte Periode beginnt mit dem 151. Lebensmonat und reicht bis zum 300. (25. Lebensjahr). Demnach würde also ein Knabe, welcher im Alter von 9 Jahren (= 108 Monat) sich befindet und 128 cm gross ist, im Alter von 13 Jahren (= 156 Monat) um ca. 18 cm zugenommen haben, also ca. 146 cm gross sein. Das

---

[1]) Liharzik, Das Gesetz des Wachsthums des Menschen. Wien 1862.
[2]) Zeising, Proportion des menschlichen Körpers. 1854.

Fahrner's Grössen-Tabelle.

Klasse	Knaben: Zahl der gemessenen Kinder	Knaben: Ausnahmen des Grössenverhältnisses: Kleinste cm	Grösste cm	Differenz cm	Knaben: Masse: Obere und untere Grenze cm	Differenz cm	Knaben: Mittelgrösse der Masse cm	Knaben: Wachsthum der Mittelgrösse per Jahr cm	Mädchen: Zahl der gemessenen Kinder	Mädchen: Ausnahmen des Grössenverhältnisses: Kleinste cm	Grösste cm	Differenz cm	Mädchen: Masse: Obere und untere Grenze cm	Differenz cm	Mädchen: Mittelgrösse der Masse cm	Mädchen: Wachsthum der Mittelgrösse per Jahr cm
I.	94	99 (3)	124,5 (4)	24,5	103,5—119,5	16	111,5	4,2	130	96,5 (5)	124 (3)	27,5	103—117	14	110	3,6
II.	95	102,5 (7)	130,5 (5)	28	108—124	16	116	4,0	120	99,5 (6)	126,5 (7)	27	105—121,5	15,5	113,2	4,0
III.	82	107 (4)	136,2 (9)	29,2	110,5—129	18,5	119,7	4,2	110	105 (5)	132 (7)	27	108—127	19	117,5	9,0
IV.	105	110,5 (4)	139 (9)	28,5	115,5—132	16,5	123,7	5,7	90	111 (4)	139,5 (2)	28,5	114,5—137	22,5	125,7	3,6
V.	110	109 (8)	143 (5)	34	120,5—138,5	18	129,5	3,6	115	114 (2)	147 (3)	23	118—141	23	129,5	6,9
VI.	108	114,5 (9)	152 (7)	37,5	123,5—142,5	19,0	133	4,8	120	120 (6)	155,5 (5)	25,5	126—147	21	136,5	4,5
VII.	110	121,5 (6)	156 (6)	34,5	126—150	24	138	4,5	120	123 (2)	156 (3)	33	129—153	24	141	4,5
VIII.	58	127 (2)	160 (3)	33	132—153	21	142,5	6,6	70	124,5 (7)	164 (3)	39,5	133,5—157,5	24	145	6,4
IX.	42	135,5 (3)	166,5 (5)	33	139—159	20	149	6,3	60	138 (4)	167 (6)	29	144—160,5	15,5	152,2	3,9
X.	15	—	—	27,9	141,5—169,5	28	155,5	—	35	—	—	—	144—168,8	24	156,3	—

trifft mit den thatsächlich gefundenen Verhältnissen zusammen. Es kann hier nur auf Liharzik's Originalwerk verwiesen werden, welches in umfassenden Tabellen die einzelnen Grössenverhältnisse für Knaben und Mädchen enthält.

Ueber die absolute Körpergrösse der Schuljugend ist dann noch eine Reihe von Messungen bekannt, die, um speciellen Schulzwecken dienend, das Hauptgewicht auf die Feststellung der Grössenverhältnisse an den Kindern in den einzelnen Klassen legen. In dieser Beziehung sind zu nennen die Messungen von Fahrner, Herrmann, Zwez, Cohn, Schildbach, Kotelmann u. A.

Fahrner stellt fest, dass, da die Kinder derselben Klasse an Grösse um 14—24 cm selbst dann noch divergiren, wenn die Ausnahmen eliminirt sind, während das jährliche Wachsthum nur 5,4 bis 5,7 cm beträgt, „es unendlich viel zweckmässiger erscheint, in jeder Klasse zwei verschiedene Bestuhlungen für die Grösseren und die Kleineren zu haben, und diese alle 2 Jahre zu ändern, als eine Bestuhlung für die ganze Klasse mit jährlicher Aenderung". Die gefundenen Zahlen werden zur Bestimmung der Differenz, jenes wichtigsten Maasses für die Construction der Schultische, benutzt. Wir werden, wenn wir specieller auf die Beschreibung von Fahrner's Schulpult eingehen, auf die von ihm eingeschlagene Methode der Berechnung zurückkommen. Fahrner hatte bei seinen Messungen erkannt, dass die Schüler sich in jeder Klasse nach ihrer Grösse in drei Gruppen ganz von selbst eintheilen: 1. in die Gruppe der normalen Grösse, welche die Hauptmasse ausmacht und deshalb in der Tabelle kurzweg die Masse benannt ist; 2. die ausnahmsweise Grossen; 3. die ausnahmsweise Kleinen. Als Mittelgrösse nahm er deshalb das Mittel aus der sub 1 genannten Gruppe, und aus ihr berechnete er das jährliche Wachsthum. Danach ist die nebenstehende Tabelle entworfen, wobei die ursprünglichen Schweizermasse in Centimeter umgerechnet worden sind.

Cohn fand bei seinen Messungen, abgesehen von den Ausnahmen, eine sich deutlich kund gebende Massengrösse vor und notirte die Mittel aus den Grenzen der Massengrösse als Mittelgrösse der Masse. Seine sehr exacten Messungen dehnen sich auf 10060 Schulkinder aus und sind deshalb von grossem Werth. Wir geben hier nur die Resultate der Messungen neun vierklassiger Elementarschulen wieder. Es ergaben sich bei denselben die Grössenverhältnisse wie folgt:

Klasse	Kleinster Schüler cm	Grösster Schüler cm	Differenz zwischen beiden cm	Grenzen der Masse cm	Unterschied cm	Mittelgrösse der Masse cm
4 b.	94	136	42	102—117	15	109,5
4 a.	99	149	50	104—125	21	114,5
3 b.	94	143	49	107—130	23	118
3 a.	94	149	55	112—132,5	20,5	122
2 b.	94	156	62	120—136	16	127,5
2 a.	109	156	57	123—142	19	132,5
1 b.	117	159	42	130—149	19	139
1 a.	120	156	36	136—156	20	145,5

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, dass in der Volksschule innerhalb der Masse die Differenzen 23 cm nicht überschreiten, während allerdings in den Realschulen und Gymnasien in einzelnen Klassen selbst innerhalb der Masse noch Differenzen bis 31 cm vorkommen, wie dies aus den anderen Tabellen Cohn's hervorgeht.

Zwez kam zu folgenden Resultaten:

Schule	Alter der Schüler	Zahl der Gemessenen	Grenzgrössen: Grösste im Durchschnitt cm	Grenzgrössen: Kleinste im Durchschnitt cm	Grenzgrössen: Differenz cm	Mittelgrössen: Durchschnittsgrösse cm	Mittelgrössen: Obere Grenze cm	Mittelgrössen: Untere Grenze cm	Mittelgrössen: Differenz cm
I. Bürgerschule	7— 8 J.	46	134,4	111	23,4	119,3	121	117,5	3,5
II. "	7— 8 J.	24	119,8	108,2	11,6	112,5	113,4	111,6	1,8
I. "	9—10 J.	47	139,2	122,3	16,9	130	131,6	128,7	2,9
II. "	9—10 J.	34	132,5	116,2	16,3	124,9	125,7	124,9	0,8
I. "	11—12 J.	26	146,1	133,1	13,0	140,2	142,2	138,5	3,6
II. "	11—12 J.	25	139,7	125,1	14,6	134,5	135,7	133,9	1,8
I. "	13—14 J.	12	154,5	139,2	15,3	147,1	147,5	146,3	1,2
II. "	13—14 J.	29	150,7	131,6	19,1	142,1	143,3	141,6	1,7

Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass Zwez die auffallend grössten und abnorm kleinsten Kinder ausgeschieden hat.

Herrmann berechnete aus den zur Masse sich gruppirenden Zahlen die Mittelgrösse einer Klasse, indem er die mathematisch genau gefundene Mitte für die grösseren und kleineren Kinder der Masse bestimmte; die sehr grossen und sehr kleinen Schüler blieben also bei der Berechnung der Mittelgrösse ebenfalls weg. Die in

einer sechsklassigen Volksschule zu Braunschweig vorgenommenen Messungen beziehen sich auf 562 Knaben und 481 Mädchen.

Die Ergebnisse sind folgende:

Klasse	Mittelgrösse cm	Grössere cm	Kleinere cm
Klasse VI.	114	118	110
„ V.	123	127	119
„ IV.	128,5	133	124
„ III.	134	139	130
„ II.	141	146	136
„ I.	146,5	151	141

Schildbach fand als Grössen bei

Knaben von 6 Jahren . . . . 105—117 cm
Mädchen von 6 Jahren . . . . . . 100—118 „
„ „ 11 Jahren . . . . . . 125—143 „
„ „ 12—13 Jahren . . . 135—146 „
„ „ 13—14 Jahren . . . 144—153 „

Buhl ordnete nach seinen in München vorgenommenen Messungen die Schüler in 6 Reihen

1. 67—103 cm
2. 104—110 „
3. 111—118 „
4. 119—125 cm
5. 126—134 „
6. 135—140 „

Er fand in der I. Klasse im Mittel Differenzen bis 25 cm
„ II. „ „ 27 „
„ III. „ „ 31 „

Kotelmann's Messungen der Schüler des Hamburger Johanneums ergaben folgende Maasse in den verschiedenen Klassen (Altersstufen vom 9.—22. Lebensjahre).

Klasse	Durchschnittslänge cm	Maximum cm	Minimum cm
Unter-Sexta	129,47	141,6	116,7
Ober-Sexta	132,91	150,2	117,2
Unter-Quinta	136,01	159,0	123,0
Ober-Quinta	138,83	154,5	120,0

Klasse	Durchschnittslänge cm	Maximum cm	Minimum cm
Unter-Quarta	138,23	155,5	124,5
Ober-Quarta	143,15	166,5	129,0
Unter-Tertia	150,50	167,5	128,0
Ober-Tertia	156,93	174,5	138,5
Unter-Secunda	162,97	179,5	138,0
Ober-Secunda	165,76	179,0	141,0
Unter-Prima	166,74	179,0	156,5
Ober-Prima	170,00	178,0	160,0

Relative Grössenverhältnisse.

Wichtiger noch als die Bestimmung der absoluten Körpergrösse ist die des Verhältnisses der einzelnen Körpertheile zu den anderen und zu der Gesammtgrösse bezw. die Feststellung der absoluten Grösse dieser Theile. Gerade diesen Verhältnissen hat die Schulbank sich gleichsam in ihrer inneren Construction anzupassen, während die Unterschiede der absoluten Körpergrösse nur auf die an und für sich gleichgültige und mehr nach Opportunitätsrücksichten als nach hygienischen Rücksichten construirte Gesammthöhe der Schulbank Einfluss üben. Ueber die relativen Grössenverhältnisse des kindlichen Organismus liegen von Landsberger, Zwez, Fahrner, Herrmann, Raschdorff, Pappenheim, Schildbach u. A. angestellte Messungen vor. Insbesondere kommt hierbei die Länge der Arme und der Beine in Betracht.

Bei den Beinen werden nur Oberschenkel und Unterschenkel gemessen, da die Fusshöhe letzterem zugerechnet wird. Weil in der aufrechten, straffen Stellung des Körpers die oberen Endpunkte des Ober- und Unterschenkels nicht leicht zu finden sind, so misst man die Beinlänge vom Fussboden bis zum Hüftbeinkamm, die Unterschenkellänge von der Fusssohle bis zu der möglichst weit herabgedrängten Kniescheibe. Durch diese Art der Messung werden zwar das ganze Bein wie auch der Unterschenkel um eine Kleinigkeit grösser, als sie in Wirklichkeit sind, aber nur auf diese Weise ist die Länge mit Sicherheit festzustellen. Nach den Messungen Landsberger's beträgt die Länge durchschnittlich

im	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13. Jahre
Ganzes Bein .	60,0	64,1	67,4	70,8	72,8	76,5	80,6	84,3 cm
Oberschenkel .	30,5	32,1	34,8	36,8	37,9	40,2	41,9	43,9 „
Unterschenkel	29,5	32,0	32,6	34,0	34,9	36,3	38,7	40,4 „

Ober- und Unterschenkel zeigen einen geringen Unterschied in der Länge. Diese Differenz nimmt im Verlaufe des Wachsthums etwas zu; im 6. Jahre beträgt sie 1 cm, im 13. Jahre 3,5 cm. Wenn wir die Längen beider Schenkel in Procenten von der Körperlänge ausdrücken, so ergiebt sich, dass der Unterschenkel stets mit 28 bis 29 % an der jeweiligen Körperlänge betheiligt ist, dass dagegen die Oberschenkellänge stetig zunehmende Werthe aufweist. Diese Procentsätze betragen im Alter von 6—13 Jahren: 28,5; 28,6; 29,7; 30,1; 30,2; 30,9; 31; 31,5.

Die Höhe der Schulter über dem Fussboden beträgt in den Jahren der Schulpflicht 78—82 % der Körperlänge und zwar derart, dass in den jüngeren Jahren die niedrigeren, in den späteren die höheren Procentsätze constatirt worden sind.

Der Abstand des Ellenbogens von der Fusssohle bei aufrechter Körperhaltung schwankt nach den Messungen Landsberger's in den Jahren der Schulpflicht zwischen 60,3 und 62,5 % der gesammten Körperlänge und zwar auch in der Weise, dass mit zunehmendem Alter diese Procentsätze die höheren Zahlen aufweisen.

Der Abstand der Mittelfingerspitze vom Fussboden ist während der Schuljahre auf 34,5—37 % der Körperlänge festgestellt.

Die Länge des Oberarmes ergiebt sich aus Schulterhöhe minus Ellenbogenhöhe. Die absolute Länge desselben in der Zeit vom 6.—12. Jahre incl. weist folgende Zahlen auf: 19,5; 20,5; 21,7; 22,8; 23,7; 24,6; 25,7 cm. Sein jährliches Wachsthum beläuft sich auf durchschnittlich 0,9 cm. Wenn wir in den bezeichneten Jahren die Oberarmlänge mit der Körperlänge vergleichen, so ergiebt sich, dass erstere ganz gleichmässig 18—19 % der letzteren beträgt. Dasselbe Verhältnis findet sich auch bei Erwachsenen.

Die Länge des Vorderarmes incl. Hand bis zur Spitze des Mittelfingers ergiebt sich aus Ellenbogenhöhe minus Höhe der Mittelfingerspitze. Vorderarm und Hand wachsen von 27,7 cm im 6. Jahre bis 35,5 cm im 13. Jahre, in jedem Jahre also über 1,1 cm, demnach etwas mehr als der Oberarm. Die Länge von Vorderarm plus Hand beträgt in den Kinderjahren 25—26 %, bei Erwachsenen 27 bis 28 % der Körperlänge.

Die übrigen Autoren haben speciell für das Sitzen die hierbei

in Betracht kommenden Maasse der betreffenden Körpertheile festgestellt.

Zwez fand folgende Grössen:

Alter	Länge des Fusses durchschnittlich	Gesammt-durchschnitt	Länge von der Fusssohle bis in die Kniekehle durchschnittlich	Gesammt-durchschnitt
Knaben 7—8 Jahre alt	19—18,2—16,9	18	33,5—30,8—27,8	30,7
„ 9—10 „ „	21,1—20,4—18,8	20,2	37 —35 —32,5	34,9
„ 11—12 „ „	21,9—21,1—19,7	20,9	40,9—39 —35,6	38,5
„ 13—14 „ „	23,1—22,6—20,9	22,3	42,3—41,1—37,4	40,3
	Länge des Oberschenkels	Gesammt-durchschnitt	Länge vom Sitze bis zum Ellbogen	Gesammt-durchschnitt
Knaben 7—8 Jahre alt	38,7—35,2—32,1	35,3	17,7—16,5—15	16,4
„ 9—10 „ „	41,5—40,1—37,1	39,6	19,1—16,7—16,7	17,5
„ 11—12 „ „	45,7—43,2—40,5	43,1	17,4—18,1—18,2	17,9
„ 13—14 „ „	47,8—44,7—42,2	44,9	20,8—20,2—18,9	20,0

Wichtige Körpermessungen sowohl über die Körpergrösse überhaupt, als insbesondere auch über die beziehungsweisen Grössen der für die Subsellienfrage wichtigen Dimensionen einzelner Glieder sind von dem Secundarlehrer Koller aus Zürich publicirt worden.

Es ergaben sich zunächst nach Klasse und Lebensjahr folgende Durchschnittsgrössen für die absolute Länge:

Entsprechendes Alter	7	8	9	10	11	12	13	14
Klasse	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Centimeter	116,0	120,6	126,6	132,0	135,6	141,8	150,0	155,0

Die Durchschnittsmaasse in Centimeter für die absolute Körperlänge und die bei der Schulbankconstruction zu berücksichtigenden Werthe zeigt folgende Tabelle:

Knaben.

Körpergrösse in Centimeter	91 bis 100	101 bis 110	111 bis 120	121 bis 130	131 bis 140	141 bis 150	151 bis 160	161 bis 171	171 bis 180
Differenz . . . . . (Sitz b. Ellenbogenhöhe)	15	16	17	18	19	20	21	22	—
Unterschenkellänge . . (Sitz bis Fussbrett)	23	25	30	34	36	40	44	45	—
Lehnenhöhe, Maximum (Sitz bis Kreuzwirbel)	—	24	25	26	27	30	33	36	42
Lehnenhöhe, Minimum .	—	15	16	17	16	17	19	20	23
Armlänge	40	42	44	48	51	56	59	65	—

Mädchen.

Körpergrösse in Centimeter	91 bis 100	101 bis 110	111 bis 120	121 bis 130	131 bis 140	141 bis 150	151 bis 160	161 bis 171	171 bis 180
Differenz . . . . . (Sitz b. Ellenbogenhöhe)	15,5	17,3	18,8	18,8	19,6	20,5	21,9	23	—
Unterschenkellänge . . (Sitz bis Fussbrett)	23	25,3	30	33	36	40	44	—	—
Lehnenhöhe, Maximum (Sitz bis Kreuzwirbel)	—	25	27	29	31	33	35	37	—
Lehnenhöhe, Minimum .	—	16	18	19	22	25	26	30	—
Armlänge	—	40	46	50	51	56	59	—	—

Aus solchen Zahlen ergeben sich die definitiven Maasse für die Subsellien von selbst; indess ist es für diese Verhältnisse noch wichtiger als für die Zahlen der Gesammtkörpergrösse, dass in den einzelnen Gemeinden genaue Messungen vorgenommen werden, weil nur durch die locale Detailbestimmung das für die Kinder der einzelnen Gemeinde passende Subsellium gewonnen werden kann.

Bei der nun folgenden Beschreibung ausgeführter Subsellien muss von vornherein auf Vollständigkeit verzichtet werden. Die Zahl der auf den Markt gebrachten Subsellienformen ist so überaus gross, dass hier nur die wichtigsten erwähnt werden können; hat doch Cohn im Jahre 1878 auf der Pariser Ausstellung bereits 71 verschiedene Subselliensysteme gefunden, und seither sind sehr zahlreiche neue Constructionen hinzugekommen. Nicht zum mindesten schädigt diese vielfach rein speculative Sucht nach stets neuen Con-

structionen die ganze so wichtige Frage, weil mit der Ueberproduction und der damit Hand in Hand gehenden Geschäftsconcurrenz das Vertrauen der Behörden zu den angeblich neuen Erfindungen und Verbesserungen in gleichem Maasse abnimmt.

Ausgeführte Subsellien.

Wir können die zur Ausführung gebrachten Subsellien je nach der an ihnen vorhandenen Grösse der Distanz in 4 Gruppen bringen:

1. in solche mit fester Plus-Distanz;
2. in solche mit fester Null-Distanz;
3. in solche mit fester Minus-Distanz;
4. in solche mit abänderlicher Distanz (Plus-Minus).

Die Mehrzahl der neueren Subsellienformen gehört zur Gruppe 4.

I. Subsellien mit fester Plus-Distanz.

Preussische Volksschulbank. Drei Grössen für alle Jahrgänge.

	5—7 Jahre cm	8—10 Jahre cm	11—14 Jahre cm
Tischhöhe	55	64	73
Bankhöhe	36	40	46
Differenz	19	24	27
Bankbreite	22,7	23,6	—
Distanz	+ 5	+ 7	+ 9,2
Breite des Bücherbrettes	17	18	18
Entfernung desselben v. d. Tischplatte	18	20	20
Neigung der Tischplatte	0	0	0

Vergleicht man diese Zahlen mit den von Zwez angegebenen Normalzahlen für die gleichen Grössen, so stellt sich heraus:

1. die Differenz ist zu gross;
2. die Bankhöhe ist zu gross;
3. die Plus-Distanz ist zu verwerfen;
4. desgleichen die horizontale Tischplatte.

Die Schulbank hat Rückenlehne und zwar in der Form, dass der nächstfolgende Tisch dem vorangehenden Sitzbrett zur Befestigung, den Schülern also als geborgte Lehne dient. Die Bank soll

am Fussboden mit Schrauben befestigt sein, was die sorgfältige Reinigung des Schulzimmers verhindert. Dieser Mängel wegen kann dies Schulpult vom Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege nicht gebilligt werden.

Genau dieselben Vorwürfe treffen die von der Kgl. Regierung zu Köln[1]) empfohlenen Schulpulte, bei welchen die Distanz für die drei vorgeschriebenen Grössen plus 7,8 cm, die Differenz 31 cm, 32,7 cm und 34 cm für Kinder von 5—7, 8—10, 11—14 Jahren betragen. Die erstere hätte fast ebensoviel Minus (Distanz) sein müssen; die letztere dürfte 17—23 cm nicht überragen. Auch hier ist eine eigene Lehne nicht vorgeschrieben, sondern der folgende Tisch als Lehne für den voransitzenden Schüler benutzt.

Hierher gehört auch die Schulbank von Lang (Seesen), welche eine Distanz von 8,5—14 cm besitzt. Dies System hat wenigstens den Vorzug einer rationellen Kreuz- und Rückenlehne; auch ist es nur zweisitzig. Ferner ist die Art der Befestigung am Boden mit einspringenden schlossartigen Riegeln neu, ebenso wie die Befestigung der Tintenfässer in einem cylindrischen Futter aus festem Steingut empfehlenswerth ist.

Schulbank des Schulraths Dr. Bock[2]). Bock ging bei der Untersuchung der für die Schulbänke nothwendigen Maasse von einer anderen als der bisher üblichen Methode aus. Er liess eine grössere Zahl von Schulkindern zu bequemem Schreibsitzen Platz nehmen und bestimmte nun die sich ergebenden Maassverhältnisse. Zunächst erscheint es ihm nothwendig, dass zum Zweck bequemen Schreibsitzens die Ellenbogen sich um 8,5 cm erheben; er fordert demgemäss eine um dieses Maass erhöhte Tischplatte; ferner glaubt er zu sehen, dass der Oberkörper des Schreibenden sich nicht nach vorn zu neigen brauche, auch wenn die Bank von der Tischkante 7,8 cm entfernt sei. — Nach diesen allerdings der Mehrzahl der übrigen Autoren bezüglich der Differenz nur theilweise, bezüglich der Distanz vollkommen widersprechenden Beobachtungen muss die Bank als völlig verfehlt bezeichnet werden.

Als Lehne soll die abgeschrägte Rückseite des nächstfolgenden Tisches benutzt werden, obwohl jedes Pult von der voranstehenden Bank um 7,8 cm entfernt ist. Tisch und Bank sind auf einer 7,8 cm hohen Schwelle befestigt.

Eine eingehende Kritik dieser Construction ist von Director

[1]) Stiehl, Centralblatt 1865, September-Oktober-Heft.
[2]) Bock, Stiehl's Centralblatt 1868, p. 468.



Kleiber[1]) gegeben worden. Dieser hält eine normale Schreibstellung bei einer Distanz von 7,8 cm und einer Tischhöhe, welche die Höhe des Ellenbogens um 8,5 cm überragt, überhaupt nicht für möglich, eine Behauptung, die völlig übereinstimmend ist mit dem, was man vom physiologisch-anatomischen Standpunkte aus behaupten muss. Würde Bock die Schüler nicht bloss, wie er es des Versuches wegen gemacht hat, einige Minuten an dem von ihm beschriebenen Tische haben sitzen und schreiben lassen, sondern würde er dieselben auch nur einige Zeit beobachtet haben, während die Schüler unbefangen und ungezwungen sich überlassen blieben, so würde er an diesen Schulbänken sicher die beschriebenen fehlerhaften Sitzstellungen beobachtet haben; denn die mit 8,5 cm Erhöhung verbundene Plus-Distanz bringt eine Verschiebung der Schwerlinie nach vorn zu Stande, so dass nach einiger Zeit der Oberkörper nach vorn zusammensinken muss. Das Pult ist zu verwerfen.

Schulbank nach Pappenheim. Nach Pappenheim würden für die Construction der Schulbank folgende Maasse zur Geltung kommen.

Für Kinder von	5—7 Jahren cm	7—10 Jahren cm	10–14 Jahren cm	14–18 Jahren cm
Sitzhöhe	31,4	36,6	41,8—47,1	—
Sitzbreite = Fusslänge .	20,9	23,5	26,2—28,8	31,4
Distanz	13	18,3	20,9	20,9—23,5
Tischhöhe	65,5	78	87,4	—

Die überaus grosse Plus-Distanz dieser Bank verhindert das Einnehmen der richtigen Schreibhaltung.

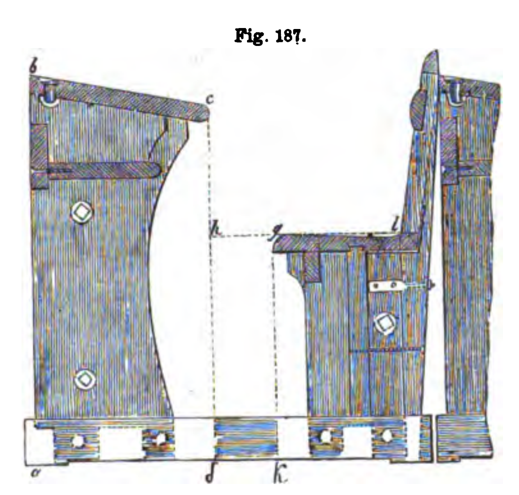
Schulbank nach Zwez (s. Fig. 187). Die Vorschläge von Zwez verdienen um so mehr eine eingehende Betrachtung, als wir Zwez wichtige und ausgiebige Körpermessungen verdanken, und als er selbst sich mit den Vorschlägen der übrigen Autoren aufmerksam beschäftigt. Zwez[2]) theilt die Schüler der Volksschule in vier zweijährige Altersklassen von 6—8, 8—10, 10—12, 12—14 Jahren und ist der Meinung, dass für die grösseren Kinder der jüngeren Altersklasse die Subsellien der kleineren Schüler der darauf folgenden Altersklasse und, umgekehrt, für die kleineren

---

[1]) Kleiber, Schulprogramm 1869, p. 37.
[2]) Zwez, l. c. p. 61.

Kinder der älteren Altersklasse die Subsellien der grösseren Schüler der nächsten jüngeren Altersklasse im Wesentlichen passen; einen Unterschied in den Maassen zwischen Knaben und Mädchen glaubt

Fig. 187.



Zwez'sche Schulbank.

er nicht machen zu müssen, da die Mädchenkleider bei normalem Aufrechtsitzen nach vorn geschürzt zusammengenommen werden, also nicht erheblich auftragen.

Nach ihm ist die Sitzhöhe gk (s. Fig. 187)

für 6—8jährige	=	31,8 cm
„ 8—10 „	=	36,5 „
„ 10—12 „	=	40 „
„ 12—14 „	=	41,2 „

Die Sitztiefe gi nimmt er gleich der reichlichen Hälfte (!) der Länge des Oberschenkels vom hinteren Ende des Sitzfleisches bis zur Kniespitze am sitzenden Kinde gemessen, und zwar

für 6—8jährige	=	18,8 cm	Dazu kommen aber noch je 4,7 cm an Fläche zwischen den Lehnstützen.
„ 8—10 „	=	20,7 „	
„ 10—12 „	=	22,4 „	
„ 12—14 „	=	23,7 „	
„ 14—16 „	=	25,9 „	
„ 16—18 „	=	28,2 „	

Als Lehne wird nicht der hinter der Bank folgende Tisch benutzt, sondern eine eigene Lehne so angebracht, dass derjenige Theil des Rumpfes, welcher zwischen dem Hüftbeinkamme und den Schul-

tern liegt, eine Stütze findet; auch wird dieselbe nach rückwärts geneigt, damit das Kind beim Sprechen mit dem Lehrer nicht nöthig habe, nur den Kopf rückwärts zu neigen, sondern sich mit dem ganzen Oberkörper hintenüber lehnen könne. Um diesen Anforderungen nachzukommen, bringt Zwez 1. auf einem unteren Lehnenbrett eine ovale Erhöhung (Ausladung) und 2. ein oberes Lehnenbrett an, welches, 4,7 cm höher als der dahinterstehende Tisch, die Lehnenstützen verbindet und den Schultern zur Stütze dienen soll. Das Sitzbrett wird, um das Rutschen auf der Sitzbank nach vorn zu verhüten, um 6 cm nach der Lehne vertieft.

Distanz hg. Zwez glaubt Plus-Distanz aus pädagogischen Gründen nicht entbehren zu können, da die Kinder viel stehen und selbst Bewegungen im Stehen machen müssen, um in der Aufmerksamkeit nicht zu erschlaffen. Die Distanz wird bestimmt durch die Dicke der vorderen Hälfte des Oberschenkels. Diese beträgt bei Kindern

von 6—8 Jahren	= 7,7 cm	von 12—14 Jahren	= 12,3 cm
„ 8—10 „	= 8,8 „	„ 14—16 „	= 13,9 „
„ 10—12 „	= 10,6 „	„ 16—18 „	= 15,2 „

Breite der Tischplatte bc = 37—38 cm mit Neigung von 1/6 der Breite.

Höhe des Schultisches. a) Differenz = ch. Zwez geht wie Bock von der Anschauung aus, dass der Ellenbogen beim Auflegen zum Schreiben etwas hinaufrücke, und zwar bei kleineren Kindern um 2,4—3,5 cm, bei grösseren um 4,5—6 cm; demnach würde die Differenz sich folgendermassen gestalten:

für Kinder von 6—8 Jahren	= 20 cm
„ „ „ 8—10 „	= 21,8 „
„ „ „ 10—12 „	= 24,2 „
„ „ „ 12—14 „	= 26 „

b) Gesammthöhe des Tisches

am niedrigeren Rande = cd:		am höheren Rande = ba:
für Kinder von 6—8 Jahren	= 51,8	56,5 cm
„ „ „ 8—10 „	= 58,2	63 „
„ „ „ 10—12 „	= 64,2	70 „
„ „ „ 12—14 „	= 67	73 „

Bei diesen Maassen sind Fussbretter selbstverständlich nicht nöthig, da die Schüler auf dem Fussboden stehen.

Das Bücherbrett ist 7 cm schmaler als die Tischplatte zu

machen und wird 8,2 cm unter dem niedrigeren Tischrande angebracht.

Die Länge des jedem Schüler zukommenden Sitzes ist bei

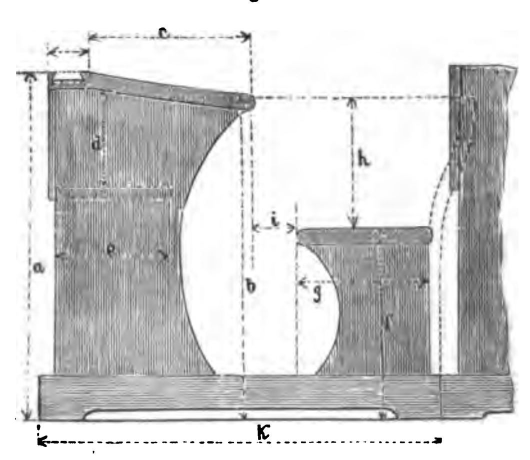
6— 8jährigen	Kindern	= 47,2 cm
8—10 „	„	= 50,8 „
10—12 „	„	= 54,2 „
12—14 „	„	= 56,5 „

Die Tintenfässer von Blei mit vorstehendem starkem Rande sind zwischen je zwei Schülern und zwar beweglich so tief einzulassen, dass der Rand nicht über die Tischplatte hervorragt. Die Deckel können beliebig als Schieber oder drehbar angebracht sein. Die Tintenfässer sind unter dem Tische durch Zinn- oder Zinkschalen gedeckt.

Stützbretter, Banklehnenstützen und Stollen sind aus hartem Holz, die übrigen Theile der Subsellien aus weichem Holz zu fertigen.

Es wird aus unseren früheren Ausführungen einleuchten, warum wir mit diesem Zwez'schen Schulpult nicht übereinstimmen können; dasselbe besitzt eine viel zu schmale Bankbreite, da es nur den halben Oberschenkel aufnimmt; es hat eine beträchtliche Distanz

Fig. 188.



Badische Schulbank.

und endlich eine zu bedeutende Differenz. Die Kinder müssen, an diesem Pult arbeitend, unwiderruflich dazu kommen, mit der Brust an die innere Tischkante zu sinken, so dass Kopf und Rücken sich niederbeugen.

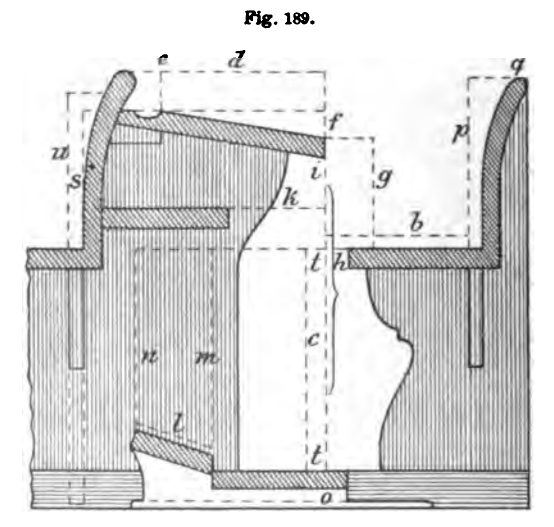
Die badische Schulbank (Verordnung der badischen Regie-

rung vom 26. Mai 1868) (s. Fig. 188). Dieselbe ist nach den Altersstufen ebenfalls in vier Grössen empfohlen.

	In Centimetern			
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
a) Höhe des äusseren Tischrandes (incl. Sockel)	54	58,5	63	70,5
b) Höhe des inneren Tischrandes	50,4	54,9	59,4	66,9
c) Breite der geneigten Tischplatte	29	30	31,5	33
d) Höhe des Bücherfaches	13,5	15	16,5	18
e) Breite des Bücherbrettes	19,5	21	22,5	24
f) Höhe des Sitzes	30	33	36	40,2
g) Breite des Sitzes	24	25	26	27
h) Differenz	20,4	21,9	23,4	25
i) Distanz	3	4,5	6	7,5
k) Länge des Sockels	69,0	71,5	75	79,5

Diese Schulbank zeichnet sich durch eine verhältnissmässig geringe Distanz aus, während die Differenz allerdings die Grenzen des

Fig. 189.



Württembergische Schulbank.

Normalen überschreitet. Zur Lehne kann nach den Angaben der badischen Verordnung entweder die senkrechte Wand des folgenden Tisches verwandt werden, oder es werden bei genügendem Raume

der Schulzimmer eigene Lehnen angebracht. Im Ganzen nähert sich diese Schulbank in erfreulicher Weise denjenigen, welche seitens der Wissenschaft gefordert werden müssen.

Die württembergische Schulbank (s. Fig. 189). Die württembergische Regierung ist der Schulhygiene im Allgemeinen und der Schulbankfrage speciell mit ausserordentlichem Verständniss näher getreten und hat auf Grund genauer Messungen 6 Pultformen entworfen. Die dabei maassgebend gewesenen Principien waren folgende: Die normale Schreibstellung setzt voraus, dass der aufgerichtete Oberkörper eine hinlängliche Unterstützung habe, welche demselben durch geeignete Lehnenvorrichtungen zu geben ist. Der Schreibende hat so Platz zu nehmen, dass seine Brustwand parallel zur Tischkante verläuft, ohne jedoch jemals sich an dieselbe anzulehnen. Der Rücken darf gar nicht, der Kopf nur etwas nach vorn geneigt werden, um den geeigneten Sehwinkel zu erreichen. Beim Schreiben kommen nur die Vorderarme, aber nicht die Ellenbogen auf die Tischfläche. Die Füsse stehen auf dem Boden oder einem angebrachten Fussbrett. — Um die Erfüllung dieser Bedingungen möglich zu machen, wurden folgende Forderungen aufgestellt:

1. Die Differenz wurde genau den gefundenen Körpermaassen gemäss gestaltet (1/6 der Körpergrösse);
2. die Distanz wurde möglichst verringert, auch wurde es gestattet, dieselbe eventuell in Null- bis Minus-Distanz umzuwandeln;
3. jede Sitzbank wurde mit einer eigenen Lehne versehen (Rückenlehne), jedoch wurde dieselbe so abgebogen, dass sie gegen die Lendenwirbelsäule vorspringt;
4. aus Rücksicht auf die Lehrer wurden die kleinsten Nummern der Subsellien mit Fussbänken versehen und dementsprechend erhöht;
5. es sollen niemals mehr als vier Kinder in einer Schulbank untergebracht werden, die zweisitzige Schulbank soll den Vorzug haben;
6. es wurde empfohlen, bei mehrsitzigen Subsellien hinter jeder Bank einen Gang für den Lehrer zu belassen.

Die den Subsellien zu Grunde gelegten Maasse sind nun in Centimeter umgerechnet folgende:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	6—8 Jahr cm	8—10 Jahr cm	10—12 Jahr cm	12—14 Jahr cm	14—16 Jahr cm	16—18 Jahr cm
a) Körperlänge	114,6	127,4	140,4	151,8	160,3	166,1
b) Sitzbreite = $^1/_5$ a	22,9	25,5	28,0	30,3	32,0	33,2
c) Sitzhöhe = Kniekehlenhöhe	32,9	37,6	42,92	44,6	46,2	48
d) Breite des schrägen Theils der Tischplatte	31,5	32,9	34,3	35,7	40	42,9
e) Breite des horizontalen Theils der Tischplatte	7,16	7,16	7,16	7,16	8,59	8,59
f) Neigung der Tischplatte = 16% derselben	5,15	5,28	5,43	5,73	6,2	6,2
g) Differenz (reichlich $^1/_6$ a)	20	22	23,5	25,5	27	28
h) Distanz	3,43	4	4,57	5,15	6,01	6,78
i) Entfernung vom unteren Rande der Tischplatte zum oberen Rande des Bücherbrettes	10	10	11,4	11,4	12,8	12,8
k) Entfernung der Kante von Tischplatte u. Bücherbrett (Bücherbrettrücksprung)	16,8	16,3	18,0	18,0	22,9	25,7
l) Breite des Fussbrettes = $^1/_9$ a	12,7	14,1	15,5	16,6	17,7	18,4
m) Unteres Ende desselben bis zum Sitzbrett	30,8	34,5	40,6	42,2	43,4	45,1
n) Oberes Ende desselben bis zum Sitzbrett = m − $^1/_2$ l	28,6	30,9	35,1	36,8	37,2	38,8
o) Horizontalabstand vom Fussbrett bis Rückenlehne ($^2/_5$ a)	45,8	50,8	56	60,6	64,1	66,3
p) Höhe der Eigenlehne ($^1/_4$ a + 4,3 cm)	32,8	36	39,2	42	44,3	45,8
q) Neigung der Lehne nach hinten (Winkel 100°)	5,15	5,43	6	6,5	6,87	7,16
r) Tiefe d. Pultes ohne Eigenlehne (b + h + d + e + q)	71,6	75	81	85,5	93,8	99
s) Pulthöhe bis zur oberen Tischfläche	64,1	71,6	72,2	75,6	79,5	83,5
t) Pulthöhe bis zum vorderen Tischrand	59	66,4	67,1	70,3	73,3	76,8
u) Pulthöhe bis zur Spitze der geborgten Lehne	69,5	75,6	77,8	82,5	86,4	89,5

Die Berliner Schulbank gleicht in ihrer Form der badischen Bank. Sie ist vollständig aus Holz hergestellt und für drei oder vier Schüler berechnet. Die Tischplatte ist etwas geneigt. Die Lehne wird von der etwas geneigten Rückwand des dahinter stehenden Pultes gebildet. Die Bank hat ziemlich grosse Plus-Distanz, so dass wohl das Stehen in der Bank bequem ist, die Bedingungen für die Schreibhaltung aber sehr ungünstige sind.

Guillaume schliesst sich zwar eng an die von Nordamerika gemachten Vorschläge (Bernard) an, hat indess die Maasse für Höhe des Tisches, Höhe der Bank und der Rückenlehne direct durch den Versuch bestimmt, indem er Kinder, deren Grösse er vorher gemessen hatte, an einem Pult Platz nehmen liess, dessen Tisch und Bank stellbar waren. Es wurde darauf gesehen, dass die Füsse bei rechtwinklig im Knie gebogenen Schenkeln auf dem Boden ruhten, und dass die Vorderarme leicht auf der geneigten Tischfläche auflagen. Er giebt den gewonnenen Resultaten nach eine Scala von acht verschiedenen Pulten an, welche sich auf die Grössenunterschiede der Kinder von 9 zu 9 cm beziehen. Die Distanz soll nie über + 4,5 cm sein und richtet sich nach der Grösse der Kinder. Die Lehne soll Schultern und Lendengegend stützen, also in letzterer Höhe vorspringend, in der Höhe der Schultern zurücktretend sein. Die Länge des Tisches ist für jedes Kind 60 cm.

Die Messungen sollen für jedes Kind nach 6 Monaten wiederholt werden, und jedesmal ist das entsprechende Pult anzupassen.

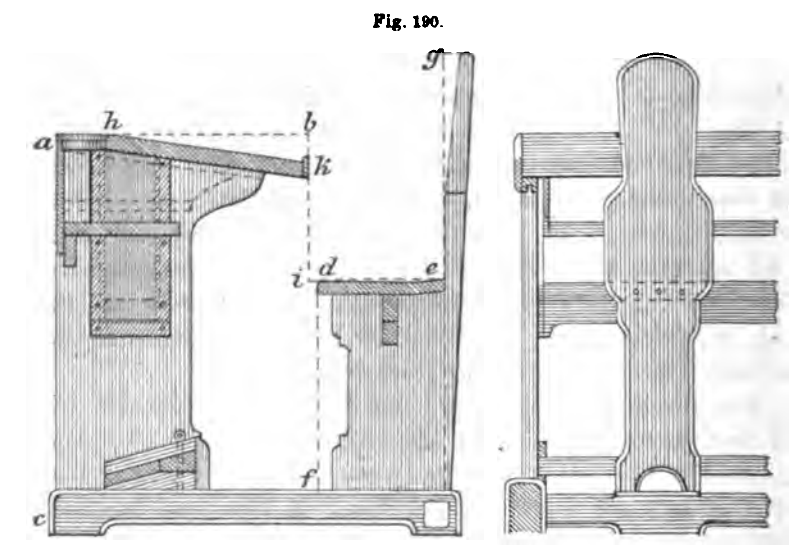
Guillaume hat zuerst im Anschluss an die Einzelsubsellien Nordamerika's die viersitzige Schulbank in zwei zweisitzige durchschneiden lassen, konnte indess bezüglich der Resultate dieser Aenderung noch nichts berichten.

Frey's Schulbank (s. Fig. 190). Frey geht bei der Construction seiner Schulbank von der Idee aus, dass die minutiösesten Messungen nicht im Stande sind, allgemeine Maassangaben zu erzielen. Er glaubt, dass die individuelle Körperbeschaffenheit weitaus grössere Berücksichtigung für die Bestimmung der Grössenverhältnisse der Schulbank erfordere, und hält es daher für zweckmässig, gewisse Theile des Schulpultes beweglich und stellbar zu lassen und nach halbjährlich wiederholten Messungen jedem Kinde sein Pult zu stellen. Beweglich sollen der Tisch und das Fussbrett sein, letzteres in horizontaler und verticaler Richtung. Die Differenz soll alsdann so eingerichtet werden, dass das Tischblatt in gleicher Höhe mit den an den Leib gezogenen Ellenbogen fixirt wird.

Die Distanz soll 1,5—3 cm betragen. Die Pultplatte trägt am vorderen Rande eine hochstehende Leiste, die aber, wie schon ausgeführt, das Auflegen der Vorderarme behindert.

Die Fussleiste soll so angebracht sein, dass die Schenkel beim Sitzen ausruhen und die Muskeln thunlichst ausser Thätigkeit gesetzt sind. Diese Forderung wird erfüllt, wenn der Oberschenkel gegen den Rumpf und der Unterschenkel gegen den Oberschenkel im rechten Winkel abgebogen sind, der Fuss aber auf einer festen Unterlage aufruht; die Fussleiste muss horizontal angebracht und wenigstens 15 cm breit sein.

Fig. 190.



Frey's Schulbank.

Besondere Aufmerksamkeit schenkt Frey der Construction der Rückenlehne; in der Absicht, dieselbe dem anatomischen Bau der Wirbelsäule möglichst anzupassen, lässt er eine Kreuzlehne von der Sitzbank 15—21 cm senkrecht aufsteigen, an welche sich eine 18—30 cm hohe rückwärts geneigte Verlängerung derselben (Rückenlehne) ansetzt; die Neigung soll 6 cm auf je 30 cm Höhe betragen. Die Breite der Lehne, die als Einzellehne construirt ist, darf nach unten 21 cm, nach oben 15 cm nicht überschreiten. Mittelst dieser Lehne glaubt er den Kindern die Möglichkeit zu verschaffen, dauernd die Wirbelsäule in allen ihren Theilen zu stützen, die Bewegungen des Thorax nicht zu hemmen und die Möglichkeit zu gewähren, dass

sowohl jedes Kind aus der Bank heraustreten als auch der Lehrer leicht an die Schulkinder herantreten kann.

Das Sitzbrett soll ein wenig ausgehöhlt werden.

Nach diesen Principien stellt er die Subsellien nur in zwei Grössen dar.

Von Wichtigkeit erscheint ihm noch die Construction zweckmässiger Nähtische, welche er gegen die Bank horizontal verschiebbar, der Höhe nach stellbar macht und mit horizontal und vertical verschiebbarer Fussleiste versieht. Das Nähpolster ist 15 cm breit und mit einem 15 cm breiten horizontalen Tischblatt versehen, welches zur Aufnahme des Nähwerkzeuges dienen soll. Frey giebt auch diesem Nähtische die oben beschriebene Lehne. Für das Haus empfiehlt er dringend ähnliche Constructionen; nur soll hier, da die Tische auch häuslichen Zwecken dienen, die Höhe der Stühle verstellbar sein.

Weiterhin sind als Subsellien mit fester Plus-Distanz zu erwähnen: das Subsellium von Schneider (Kreuzot), zweisitzig mit Plus-Distanz; von J. van Oeteghem in Belgien, zweisitzig mit Plus-Distanz von 3 Zoll, Kreuzlehne, Tischplatte schwarz aus Schiefer, von Gallewaert in Brüssel mit 5 Zoll positiver Distanz, Klappsitz, ein- und zweisitzig; Dewit und Dutrieux (Belgien), einsitzig, Bank durch Schlitze beweglich und nach hinten zu klappen; Nagel (Brüssel), 2 Zoll Plus-Distanz, ein- und zweisitzig; Colmann und Glendenning (London), 3 Zoll Plus-Distanz; Hawes (aus Norwich), 4—5 Zoll Plus-Distanz, u. A.[1]).

Alle Subsellien mit fester Plus-Distanz gewähren den Kindern die Möglichkeit, ohne Belästigung in der Bank zu stehen, leicht in dieselbe einzutreten und aus ihr heraustreten. Trotz solcher Vorzüge sind diese Systeme absolut schlecht, weil sie den Schüler zwingen, beim Schreiben sich nach dem entfernten Tische vorzubeugen.

II. Subsellien mit fester Null-Distanz.

1. Fahrner's Schulbank (s. Fig. 191). Wie Fahrner's Untersuchungen für die ganze Frage der normalen Gestaltung der Subsellien von hervorragender Bedeutung und eigentlich bahnbrechend wurden, so war er es auch, welcher aus der Beobachtung der Mängel des Schreibsitzens an Schulbänken mit einer beträchtlichen Plus-Distanz zuerst auf den Gedanken kam, die Distanz überhaupt wegfallen zu lassen, d. h. die Schulbank so einzurichten, dass das von

[1]) s. Cohn, Schulhygiene auf der Pariser Ausstellung 1878, Breslau 1879.

der inneren Tischkante gefällte Loth gerade die vordere Bankkante trifft. Die Versuche, welche er mit so veränderten Schulbänken hatte anstellen lassen, hatten zu keinerlei Klagen Anlass gegeben, und wenn nur die Seitenbretter der Tische genügend ausgeschnitten waren, war es auch den Kindern nicht schwer geworden, in die Schulbank hineinzukommen und dieselbe zu verlassen, während sie beim einfachen Aufstehen, wie Fahrner sich ausdrückt, sich trefflich zu helfen wussten. Hierzu kann allerdings auf die oben gemachten Bemerkungen (s. p. 570) zurückverwiesen werden; denn ein wirkliches Geradestehen in der Schulbank ist nicht möglich, wenn bei gehöriger Bankbreite die vordere Bankkante bis in die Kniekehle reicht; häufiges Aufstehen und gar längeres Stehen ist dabei durchaus unmöglich, und es ist nicht einzusehen, wie die Kinder sich, wenn der Versuch des Stehens oft wiederholt wird, sollen zu helfen wissen, ohne schliesslich Schaden zu nehmen. Dass hier Abhilfe anderer Art geschaffen werden musste, lag auf der Hand, und wir werden erkennen, dass die ursprünglich von Guillaume und Kleiber versuchte, von Buchner indess mit vollem Verständnis und mit Klarheit geforderte Theilung der Schulbänke in zweisitzige Formen mit Freilegung von Gängen zwischen je zweien die Fahrner'sche Forderung der Null-Distanz erst zur Geltung brachte.

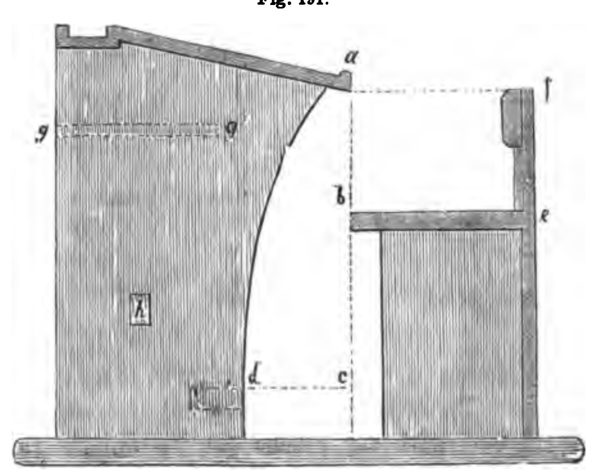
Wir hatten Fahrner's ausgedehnte Untersuchungen der Grössenverhältnisse der Schuljugend bis zu dem Augenblicke verfolgt, wo die sich ergebenden geringen Verhältnisszahlen für das Wachsthum verschiedener Altersstufen gegenüber den grossen Unterschieden in den absoluten Zahlen für die Körpergrösse in derselben Altersstufe zu dem Resultate führten, dass es zweckmässig sei, für jede Klasse zwei verschieden grosse Bestuhlungen anzuschaffen und diese Pulte immer 2 Jahre zu benutzen.

Es handelt sich nun darum, die für die Differenz gültigen und richtigen Zahlen zu berechnen. Zu dem Zwecke theilte Fahrner die von ihm durch Messung gefundenen Maasse jeder Altersstufe in zwei Theile, von der mathematisch genauen Mittelgrösse auf- und abwärts, rechnete für jede Abtheilung das Mittel aus und theilte diese Zahl durch 8 (Differenz = $^1/_8$ der Körpergrösse). So ergaben sich z. B. bei den Knaben der Klasse I als Grössenmaasse für die beiden Gruppen 103,5—110,6 cm und 111,6—116,4 cm, die Mittelwerthe derselben sind 107,4 cm und 115,5 cm; durch 8 dividirt, ergeben sich im ersten Falle 13,5 cm und im anderen 14,5 cm. Dies für alle oben gegebenen Zahlen ausgerechnet, giebt folgende Tabelle:

Klasse	Knaben		Mädchen	
	Kleinere	Grössere	Kleinere	Grössere
I und II	13,5 und 13,8	14,4 und 15,0	13,2 und 13,5	14,1 und 15,7
III „ IV	14,4 „ 15,0	15,6 „ 15,9	14,1 „ 15,0	15,3 „ 16,5
V „ VI	15,6 „ 15,9	16,8 „ 17,4	15,3 „ 16,5	16,8 „ 17,7
VII „ VIII . . .	16,5 „ 17,1	18,0 „ 18,3	16,8 „ 17,5	18,3 „ 18,9
IX „ X	18,0 „ 18,6	19,2 „ 20,4	18,6 „ 18,9	19,5 „ 20,4

Nach diesen Zahlen hat sich alsdann die Differenz der Subsellien zu richten, und es ergiebt sich zugleich, dass für je zwei Klassen

Fig. 191.



Fahrner's Schulbank.

die grösseren Subsellien der unteren Klasse zugleich den kleineren Schülern der nächst höheren Klasse passen, was für zehn Knabenklassen die Einrichtung von nur sechs verschiedenen Subselliengrössen gestattet. — Da die Kleider der Mädchen 1,5—2 cm auftragen, so kann man für jede Mädchenabtheilung stets die nächst höhere Differenz wählen. Für die Ausnahmegrössen ist das Sitzen an den Tischen ihrer Gruppe noch gut möglich, da im Allgemeinen die bei den Messungen sich ergebenden Unterschiede nicht allzu beträchtlich sind. Wo besondere Ausnahmen vorhanden sind, kann man entweder die Bank oder den Tisch durch ein aufgelegtes Brett erhöhen, um die richtige Differenz zu erzielen.

Nach allen diesen Erwägungen und einer grösseren Reihe von

Versuchen kommt Fahrner zu folgenden definitiven Zahlen für seine Subsellien:

Klasse	Knaben	Mittelgrösse	Modell-Nummer	Tisch und Bank		Fussbrett		Rückenlehne	
				Differenz a b	Distanz	Senkrechte Entfernung von der Bank (Sitzhöhe) b c	Horizontale c d	Höhe derselben e f	Entfernung von der inneren Tischkante a f
I u. II	Kleinere	109,8	I	18	0	28,5	16,5	16,5	19,5
	Grössere	117,6							
			II	19,5	0	31,5	18	18	21
III „ IV	Kleinere	117,3							
	Grössere	126,3							
			III	21	0	34,5	19,5	19,5	22,5
V „ VI	Kleinere	126,6							
	Grössere	135,9							
			IV	22,5	0	37,5	21	21	24
VII „ VIII	Kleinere	144,7							
	Grössere	145,8							
			V	24	0	40,5	22,5	22,5	25,5
IX „ X	Kleinere	146,4							
	Grössere	158,4	VI	25,5	0	43,5	24	24	27
Grössere	Mädchen	159,6	VII	27	0	43,5	24	25,5	30

Für die Neigung der Tischplatte nimmt Fahrner 6 cm auf 36 cm Höhe an. Das Bücherbrett darf mit seinem unteren Rande höchstens 9 cm unterhalb der Fläche der Tischplatte sich befinden, seine Breite nie über 24 cm sein, so dass die Tischfläche 12—15 cm über dasselbe hinwegragt; auch Fahrner klagt über das unglückliche Bücherbrett und wünscht es vom gesundheitlichen Standpunkt aus gänzlich beseitigt. — Aus Rücksicht auf die Lehrer wird die absolute Pulthöhe im Allgemeinen etwas höher gehalten; die relativen Grössenverhältnisse werden dann durch eine Fussleiste geregelt, welche so angebracht ist, dass der Oberschenkel in der Hüfte und der Unterschenkel im Knie rechtwinklig gebogen sind und hierbei die ganze Fusssohle auf der Unterlage ruhen kann. Trotz dieser sehr richtigen und bei allen Autoren wiederkehrenden Anschauung macht Fahrner die Fussleiste nur 7,5—9 cm breit, so dass von dem Aufstellen des vollen Kinderfusses kaum die Rede sein kann; aber er suchte durch genaue Rechnung zu ermitteln, wie es einzurichten sei, dass der Fuss der Kinder gerade mit der Mitte auf die Fuss-

leiste treffe; die Einrichtung eines der Länge des Fusses entsprechend breiten Brettes würde diese Mühe erspart und den Zweck besser erreicht haben. Ueber die Lehne an diesem Pult ist oben schon gesprochen worden; Fahrner entscheidet sich für eine einfache, nach der Wirbelsäule vorspringende Kreuzlehne, welche beim Schreiben so gut wie bei den anderen Thätigkeiten in der Schule benutzt werden soll; die Lehne, in der Höhe der Lendenwirbel befestigt, gestattet zugleich den zurückgezogenen Ellenbogen das Auflegen und ist in dieser Form in der Schule erprobt worden. Fahrner warnt allerdings davor, diese Lehne eher anzubringen, als bis alle anderen Maasse geordnet sind, weil sie den Kindern die Möglichkeit nimmt, nach hinten auszuweichen. Für höhere Mädchenschulen gestattet Fahrner neben der Kreuzlehne noch eine stark nach hinten springende Rückenlehne.

Die Länge der Tische soll für vier Schüler eingerichtet sein, jedem Kinde nach dem Alter 48—60 cm Platzlänge gewährt werden. Die Tischplatte wird in einer Breite von 9 cm horizontal, die geneigte Fläche 36 cm breit gemacht; am inneren Rande soll eine gut abgerundete, nicht hohe Leiste angebracht werden, welche indess bei der geringen Neigung der Tischplatte völlig überflüssig und, wie schon ausgeführt, höchst nachtheilig ist.

Für die Einführung dieser so gebauten Subsellien in den Schulen giebt Fahrner ferner den Rath, in den unteren Klassen damit anzufangen. Wo es nothwendig ist, sind für einzelne Schüler noch kleine Veränderungen vorzunehmen; so ist u. a. für kurzsichtige Schüler der Tisch durch ein Pult zu erhöhen, damit der verkürzten Sehweite genügt wird.

Für die weiblichen Handarbeiten empfiehlt er Vorrichtungen, welche sich den gegebenen eng anschliessen. Für Nähtische ist eine Distanz von 6—9 cm (für Mädchen von 11—12 Jahren) gestattet; die Differenz kann für dasselbe Alter etwa 21 cm betragen, was mit der Höhe der gewöhnlich gebrauchten Nähschachtel (etwa 9—12 cm) die Arbeit in die nöthige Höhe bringt. Tischbreite 27 cm, Sitzbreite 18—27 cm, Tischhöhe 60—66 cm. Seltsamerweise weist Fahrner für das Nähen sowohl wie für das Stricken die Lehne zurück. Sehr beachtenswerth sind seine Ermahnungen, die Schüler frühzeitig und in ausgiebigster Weise an eine normale Haltung zu gewöhnen, sie beim Schreiben stets an die Lehne zurückzuweisen und darauf mehr als auf die sonst übliche Beobachtung der Fingerhaltung Werth zu legen. Für nähende Mädchen verbietet er vor

Allem das Feststemmen des linken Vorderarmes, welches schliesslich zu einer ähnlichen Haltung führt wie das Schreiben an Tischen mit grosser Distanz und zu bedeutender Höhe; auch warnt er, wie Alle, welche sich mit dem gesundheitsgemässen Sitzen beschäftigt haben, davor, die Kinder mit übergeschlagenen Schenkeln sitzen zu lassen. Endlich stellt er auch an die Eltern die Forderung, die Kinder zu Hause an gesundheitsgemässes Sitzen und Schreibsitzen zu gewöhnen, sie niemals an runden Tischen schreiben zu lassen, die Differenz sorgsam durch Erhöhung der Sessel mittelst Kissen zu reguliren, die Distanz zwischen Sessel und Tisch stets dadurch auszugleichen, dass der Stuhl dem Tische möglichst nahe gerückt wird, endlich die Füsse des schreibenden Kindes durch eine Fussbank zu unterstützen.

Fahrner's Bemühungen in der Schulbankfrage sind mit so grossem Verständniss durchgeführt; nimmt man statt seiner allerdings mangelhaften Fussleiste ein volles Fussbrett, welches in der Breite der Länge des Kinderfusses entspricht, und geht man von den viersitzigen Subsellien zu zweisitzigen über, so erreicht die Fahrner'sche Schulbank immerhin einen hohen Grad von Vollkommenheit.

Kleiber's Schulbank. Kleiber entscheidet sich in erster Linie für die Null-Distanz und glaubt diese am besten durchführbar durch Construction der zweisitzigen Schulbänke mit Freilassung von Gängen, welche senkrecht auf das Lehrerpult zuführen und dem Lehrer jederzeit gestatten, zu jedem Schüler heranzutreten. Differenz, Sitzhöhe und Tischhöhe sollen nach der Grösse der Schüler eingerichtet werden, und zwar soll die Körpergrösse der Schüler in jedem Semester festgestellt werden; indess ist selbst die so gern genommene Mittelgrösse der Schüler nicht maassgebend, und die nach derselben gewonnenen Durchschnittsmaasse für die einzelnen Körpertheile sind fehlerhaft, weil die Schüler in den Verhältnissen ihres Körperbaues wesentlich sich unterscheiden. Das Lebensalter ist gar nicht maassgebend. Alle Constructionen der Subsellien, welche einen Theil verschiebbar machen, sind (nach Kleiber) zu verwerfen, weil sie nicht dauerhaft genug sind und den Schülern zu Unfug Veranlassung geben; so hat der Versuch einer auf Rollen verschiebbaren Sitzbank öfters dazu geführt, dass die Bank mit solcher Kraft nach hinten gerollt wurde, dass durch ihr Anschlagen an den nächsten Tisch die Tinte herausgeschleudert wurde und Schüler und Hefte beschmutzte. Fussbretter hält Kleiber bei den jüngeren Schülern

mit Rücksicht auf die Lehrer für nothwendig. Als Lehne soll der dahinter stehende Tisch benutzt werden, welcher mit einer vorspringenden, das Kreuz treffenden Leiste versehen werden soll. Sehr bemerkenswerth ist das Urtheil, welches Kleiber über das sog. Certiren giebt, da dasselbe der Einrichtung von Subsellien nach der Grösse der Schüler von pädagogischer Seite stets im Wege stand; er erklärt es einfach für entbehrlich; für die Schulzwecke sei es völlig hinreichend, wenn jeden Monat eine neue Rangordnung festgestellt und in ein Klassenbuch eingetragen wird.

Falk, welcher sich ebenfalls für die Null-Distanz entscheidet, schliesst sich in allem Wesentlichen den früher erwähnten Autoren an; auffallend ist dagegen, dass er an den Bänken die Lehnen weglassen will, was im Einverständniss mit Fahrner geschieht, aber durchaus nicht zuzugestehen ist, da ein dauerndes Aufrechtsitzen in jedem Falle zur Ermüdung führt, wenn die Wirbelsäule keine Stütze hat.

Feste Null-Distanz hat auch die in der Stadt Luxemburg eingeführte Schulbank. Dieselbe ist zweisitzig.

Die Aargauer Schulbank hat gleichfalls Null-Distanz und ist zweisitzig. Die Lehne ist eine ziemlich stark nach rückwärts geneigte, hohe Rückenlehne. Das Fussbrett ist schmal.

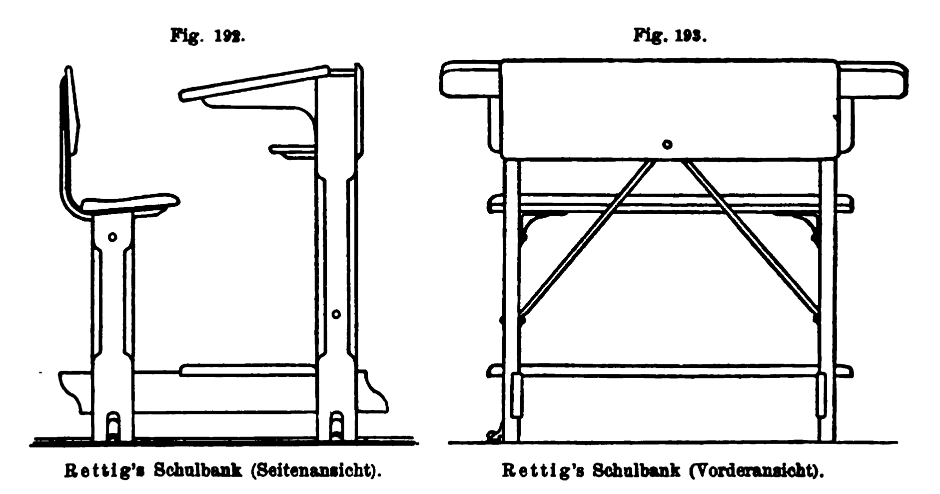
Vieweger's Bank (Bahse & Händel, Chemnitz) charakterisirt sich durch den gewölbten Sitz, der hinten tiefer liegt als vorn, und durch die stark nach hinten geneigte Lehne, welche Rückenlehne ist.

Die Schulbank nach dem System des Medicinalcollegiums in Dresden (Bahse & Händel) hat senkrechte Rückenlehne und ein schmales, etwas schräg gestelltes Fussbrett, bei welchem sich der Unterschenkel etwas nach vorn bewegen muss, wenn er dasselbe benutzen will.

Rettig's Schulbank (P. Johs. Müller & Co., Berlin) ist zweisitzig und hat keine beweglichen Theile (Fig. 192). Um den Zwischengang in seiner ganzen Ausdehnung geräumiger zu machen und doch ebenso viele Plätze im Zimmer unterzubringen wie bei Verwendung mehrsitziger Subsellien, ist für jeden Schüler nur eine Pultlänge von 58 cm gerechnet, die für beide Schüler durchgehende Bank an jedem Ende um 12 cm gekürzt und ist die Seitenwange des Tisches nicht wie bisher am Ende der Pultplatte angebracht, sondern wird auch um 12 cm zurückgesetzt (Fig. 193). Das Subsellium wird mit den beiden Füssen ihrer vom Fenster abgewandten Stirnwand auf einer an den Boden ein für allemal fest

angeschraubten durchlaufenden Schiene vermittelst zweier Gelenkstücke festgeklemmt, so dass es sich mit dem andern Ende aufheben und im rechten Winkel umlegen lässt (Fig. 194). Dadurch wird der

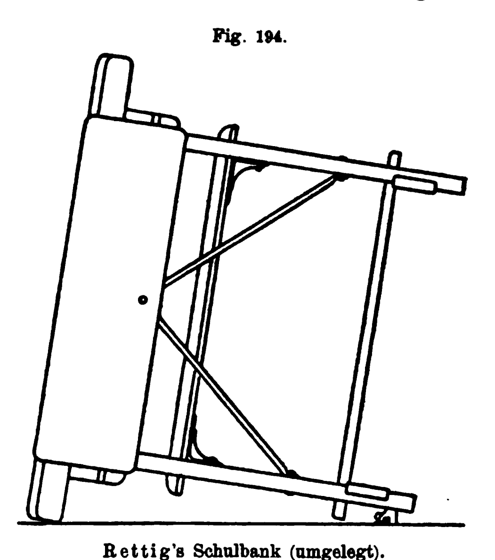
Fig. 192. Fig. 193.



Rettig's Schulbank (Seitenansicht). Rettig's Schulbank (Vorderansicht).

Fussboden für die Zwecke der Reinigung freigelegt. Die Tintenfässer sind so construirt, dass sie beim Umlegen der Bank nicht

Fig. 194.



Rettig's Schulbank (umgelegt).

herausgenommen werden brauchen (Bohm's Tintenfässer). Die Bank hat einen durchbrochenen Rost, welcher für alle Bänke in der Höhe von 19,5 cm über dem Boden angeordnet ist. Es ist dies geschehen

theils aus Rücksicht auf den Lehrer, der sich bei den nun entsprechend erhöhten Bänken für die kleinsten Schüler nicht zu sehr zu bücken braucht, theils auch deshalb, weil man viel leichter in die Bank, welche festen Sitz und Null-Distanz hat, eintreten und aus derselben austreten kann, wenn der Sitz hoch liegt, als wenn derselbe tief liegt; man kommt nun fast ohne Beugung des Standbeines auf den Sitz. Die Bank ist mit engem Lehnenabstande gebaut und mit schmaler Sitzbank versehen. Sie hat Null-Distanz, während sie in Wirklichkeit die Sitzraumbemessung einer Bank mit Minus-Distanz zeigt. Der enge Lehnenabstand ist deshalb angenommen, um das Geradesitzen zwingend vorzuschreiben. Zur Begründung des schmalen Sitzes führt Rettig an, dass, wenn nur das Gesäss unterstützt ist, der Oberschenkel sowohl wagerecht als auch nach unten oder oben gestellt werden kann; eine Unterstützung der Oberschenkel für das Sitzen soll dann nicht erforderlich sein. Rettig glaubt, dass man die schmale Sitzbank um so unbedenklicher annehmen könne, als bei diesen Subsellien der ermüdete Oberkörper in Folge des engen Lehnenabstandes gegen Schwankungen geschützt sei; die Gleichgewichtserhaltung sei bis zu einem so hohen Grade gesichert, dass der breite Sitz sehr wohl entbehrt werden könne; der Schüler sei bei dem schmalen Sitz allein schon durch die Rücksicht auf seine eigene Bequemlichkeit gezwungen die aufrechte Haltung beizubehalten, während breite Bänke Gelegenheit zum Vorrutschen geben.

Mit diesen Ausführungen Rettig's werden sich wohl nicht viele Hygieniker einverstanden erklären. Gegenüber der auf genauer Kenntniss der Mechanik und Statik des menschlichen Körpers basirenden Forderung, dass der Sitz eine genügende Breite haben muss, um eine ausreichend grosse Unterstützungsfläche zu gewähren, muss der schmale Sitz, auf welchem die Erhaltung des Schwerpunktes über der kleineren Unterstützungsfläche schwierig und daher das Sitzen mehr anstrengend und ermüdend ist, als durchaus ungeeignet für eine Schulbank bezeichnet werden. Wenn alsdann der enge Lehnenabstand auch den Vortheil hat, dass die Schüler sich nicht weit nach vorn neigen können und daher zumeist eine aufrechte Haltung einnehmen, so steht dem doch als Nachtheil gegenüber, dass hier dem Schüler eine auf die Dauer unerträgliche Zwangshaltung aufgedrängt wird. — Alles dies macht die Rettig'sche Schulbank, die sonst den Vorzug hat, dass sie durch das Umlegen eine bequeme Reinigung des Fussbodens zulässt, vom hygienischen Standpunkte

aus verwerflich. In Erkenntniss dieser Mängel werden diese Subsellien auch neuerdings bereits mit anderen Abmessungen, mittlerem oder weitem Lehnenabstande, mit breiter Sitzbank und mit eigener Lehne angefertigt. Uebrigens sind der Bank von Rettig auch alle Vortheile und Mängel eigen, die von den Subsellien mit fester Null-Distanz gelten.

Was die Vortheile der Subsellien mit fester Null-Distanz anbelangt, so ist darauf hinzuweisen, dass die Kinder beim Schreiben die Lehne benutzen können; indess ist auch hierbei die Stützung des Rumpfes keine ausgiebige, da die Kinder bei dem leichten Vorneigen des Oberkörpers mit dem oberen Theile des Rückens die Lehne verlassen, zumal wenn der Sitz die normale Tiefe hat. — Der Nachtheil dieser Subsellien besteht darin, dass der Sitzraum für das Schreiben wie auch für das freie Aufrechtsitzen der gleiche ist und dadurch die Schüler andauernd zu der gleichen Haltung gezwungen werden, während doch dem Kinde in den Stunden, in denen es, ohne zu schreiben, sitzen muss, eine freiere Bewegung gewiss zu gönnen ist. Ist, wie schon erwähnt, das Stehen in der Bank erschwert, so ist in gleicher Weise das Aufstehen und ebenso das Austreten aus derselben und das Eintreten in dieselbe erschwert. Letzteres ist eigentlich nur als Aus- und Einrutschen zu bezeichnen, das niemals natürlich und schön ist und das nur zu oft zu einem Sitzen in schiefer Haltung Veranlassung giebt, namentlich bei Mädchen.

III. Subsellien mit fester Minus-Distanz.

Der Entschluss, zur Minus-Distanz überzugehen, scheint allen Autoren, welche sich mit der Schulbankfrage beschäftigten, nicht leicht geworden zu sein, augenscheinlich weil sie fürchteten, mit unabweisbaren pädagogischen Forderungen zu collidiren. Die Lehrer verlangen, wie dies früher schon ausgeführt wurde, ein häufiges, rasches Aufstehen der Schulkinder; sie halten dasselbe für die Regsamkeit während des Unterrichts und für die Angewöhnung anständiger Manieren für zweckmässig, und gewiss nicht mit Unrecht. Auf der anderen Seite musste den hygienischen Anforderungen Rechnung getragen werden, und es war höchst erfreulich, dass es gerade ein Schulmann war, welcher zuerst mit voller Präcision die Minus-Distanz forderte. Buchner verlangte als der erste die Herstellung fester Minus-Distanz und suchte den pädagogischen Anforderungen damit Genüge zu leisten, dass er die ursprünglich langen Schulbänke

theilte und zu zweisitzigen Subsellien überging, welche den Kindern das seitliche Heraustreten gestatten. Ihm folgten später Varrentrapp, Buhl und Linsmayer mit wesentlich gleichen Principien. — Eine zweite Gruppe der Subsellien mit fester Minus-Distanz ging aus dem Bestreben hervor, zur Gewinnung einer grösseren Anzahl von Plätzen im Schulzimmer wieder mehrsitzige Bänke zu verwenden. Löffel (Colmar) machte den Vorschlag, den unbenutzt bleibenden Theil des zur Minus-Distanz vorreichenden Sitzbrettes, der zwischen je 2 Schülern liegt, auszuschneiden und so hier Plus-Distanz herzustellen, damit die Kinder in die auf diese Weise entstehenden, seitlich von ihnen liegenden Ausschnitte treten können, wenn sie aufstehen sollen. Es war damit für das Sitzen Minus-Distanz und für das Stehen Plus-Distanz geschaffen. Eine derartige Bank kann, wie man leicht einsieht, auch länger und für eine grössere Anzahl von Kindern eingerichtet werden. An Löffel schlossen sich an Baron, Schwinger und Marsch. An zweisitzigen Schultischen hatte übrigens schon 1878 das französische Unterrichtsministerium solche Ausschnitte zwischen den beiden Sitzen angebracht, wie sie von Löffel in Deutschland vorgeschlagen wurden. — Eine dritte Gruppe bilden diejenigen, hauptsächlich in Frankreich bekannt gewordenen Subsellien, bei welchen hinter einem durchlaufenden Tisch Einzelsitze in fester Minus-Distanz stehen. Wenn die Schüler aufstehen, so benutzen sie hierzu die Zwischenräume, durch welche die Einzelsitze getrennt sind.

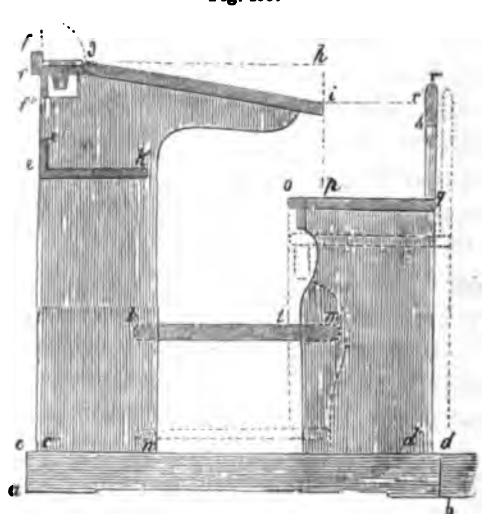
Buchner's Schulbank (s. Fig. 195). Am radikalsten in der Forderung der Minus-Distanz ist Buchner (Crefeld) vorgegangen. Buchner kommt, von der Beobachtung des normalen Schreibsitzens ausgehend, zunächst zu dem Schluss, dass die Construction eines Schulpultes, welches ebensowohl bequemes Schreibsitzen, wie bequemes Stehen gestatten soll, überhaupt eine Unmöglichkeit sei, und dass der Lehrer daher genöthigt sei, entweder auf das gesundheitsgemässe Schreibsitzen oder auf das Aufstehen der Schüler zu verzichten; letzteres cum grano salis. Buchner meint damit nur das häufige und oft wiederholte Aufstehenlassen der Schüler, während er für das definitive Heraustreten und Stehenbleiben ausserhalb der Schulbank die Construction der zweisitzigen Schulpulte mit den dazu gehörigen Zwischengängen angiebt. Diese Form des Schulpultes ist, wie Buchner weiter hervorhebt, auch zum Zeichnen und zum Nähen zu gebrauchen, und es steht diesem Schulmanne namentlich in letzterer Beziehung um so mehr ein Urtheil zu, als seine Untersuchungen gerade mit Bezug auf den Mädchenunterricht ge-

macht wurden. — Nach diesen principiellen Bestimmungen über die Form der Schulbank giebt Buchner für die einzelnen Theile derselben folgende weniger wesentliche Angaben:

Der Tisch hat einen 10,5 cm breiten horizontalen Theil, welcher eine Rinne enthält, um Schreibmaterialien hineinzulegen eventuell auch Zeichenvorlagen anzubringen; derselbe enthält auch das gut befestigte, mit breitem Deckel versehene Tintenfass. Die geneigte Tischfläche ist 39 cm breit und hat eine Neigung von 6,5 cm.

Das Bücherbrett ist etwas tiefer als bei den anderen Sub-

Fig. 195.



Buchner's Schulbank.

sellien und bleibt wegen der beträchtlichen Tischbreite stets noch 2,5—5 cm von den Knieen der Kinder entfernt.

Die Sitzbank ist mindestens 26,2 cm breit und steigt in der Breite je nach der Grösse der Kinder.

Die Lehne ist eine Kreuzlehne, welche senkrecht aufsteigt, aber nicht unter dem inneren Tischrande zurückbleibt, sondern sich noch 2,6 cm über denselben erhebt, so dass sie bei Mädchen bis an die Taille reicht. Sie ist vollständig eben, also ohne jeden in wagerechter Richtung vorspringenden Theil.

Das Fussbrett ist so hoch und breit, dass die Kinder bei senkrecht absteigendem Unterschenkel den Fuss voll und fest darauf ruhen lassen können, mindestens 23,5 cm breit, aber je breiter, je besser; nur so kann das Ueberschlagen der Schenkel vermieden werden.

Was die Grössenverhältnisse betrifft, so verweist Buchner auf jedesmalige von Halbjahr zu Halbjahr zu wiederholende Messungen, welche nicht nur die gesammte Körpergrösse, sondern auch die proportionalen Wachsthumsverhältnisse der Kinder zu berücksichtigen haben, wie überhaupt das Individualisiren in der Sitzfrage von grösster Wichtigkeit sei.

Für die Ausführung der Pulte hält Buchner es am zweckmässigsten, die Tischhöhe stets gleichartig, die Sitzhöhe wechselnd zu machen.

Die Maasse selbst theilt er demgemäss in zwei Gruppen.

a) Ständige Maassverhältnisse.

Schwellenhöhe ac und bd	= 7,1	cm
Schwellenvorsprung cc′ dd′ . . .	= 1,9	„
Untere Breite der Seitenwange c′n .	= 22,1	„
Vordere Höhe der Seitenwange c′f .	= 61,8	„
Höhe des Bücherbrettes f′e . . .	= 18,2	„
Breite des Bücherbrettes ek . . .	= 20,8	„
Horizontaler Theil der Tischplatte gf′	= 10,4	„
Geneigter Theil derselben gi . . .	= 39,0	„
Senkung der Tischplatte hi . . .	= 6,5	„
Breite des Fussbrettes lm	= 28,6	„
Distanz op	= 5,2	„
Höhe der Lehnenleiste rs	= 7,8	„

b) Wechselnde Maassverhältnisse.

Banknummer	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Nr. IV	Nr. V	Nr. VI	Nr. VII	Nr. VIII
Mittelgrösse der Kinder	107	112	117	122	127	133	138	143
Differenz	18,2	19,6	19,9	20,8	21,9	22,7	23,8	24,7
Sitzhöhe	27,3	28,6	29,9	31,4	32,5	33,8	35,1	36,4
Lehnendistanz . .	18,2	18,8	19,5	19,9	20,4	21,0	21,7	22,1
Sitzbreite	26,0	26,6	27,3	27,7	28,1	28,8	29,5	29,9
Lehnenhöhe . . .	20,8	21,6	22,5	23,4	24,5	25,3	26,4	27,3

Die Tabelle ist für Mädchen bestimmt; bei der Anwendung für Knaben würde die Differenz stets um 1,3 cm verringert werden müssen. Ueberdies will Buchner diese Maasse gleichsam nur als Handhabe vorschlagen und weist immer wieder auf die genaue Prüfung ihrer Gültigkeit für den Einzelfall hin. Bemerkenswerth ist

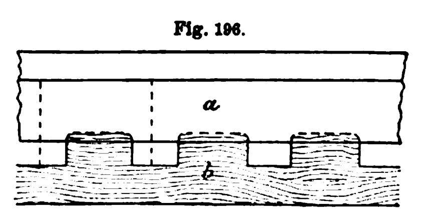
ferner die Aufforderung Buchner's an die Lehrer, von dem Certiren, als einer ungeeigneten pädagogischen Maassregel, abzustehen und die gesundheitlichen Rücksichten in den Vordergrund zu stellen. Auch für das Haus sei es besonders wichtig, dass die Kinder an geeigneten Sitzvorrichtungen Platz nehmen, um nicht da noch mehr Schaden zu nehmen als in der Schule.

Varrentrapp's Schulbank. Varrentrapp schliesst sich im Wesentlichen an Fahrner und Buchner an. Von letzterem weicht er nur in der Grösse der Distanz und einigen geringfügigen Aenderungen der Sitzbretter und der Tischplatte ab. Die Distanz ist minus 0,6 cm; die Tischplatte ist ungetheilt und nicht so breit wie bei Buchner; das Sitzbrett ist entsprechend der Gestalt des horizontal liegenden Oberschenkels etwas vertieft.

Buhl-Linsmeyer'sche Schulbank (Simmet-München). Dieselbe schliesst sich im Wesentlichen der Buchner'schen Schulbank an, hat bei zweiseitiger Einrichtung 5 cm Minus-Distanz, so dass den Kindern das Stehen in der Schulbank unmöglich ist. Tisch und Bank sind gegen einander festgestellt; die Bank mit eigener, senkrecht stehender Kreuzlehne wie bei Buchner. Das Bücherfach ist ein auf der Mitte der Sitzbank angebrachtes, oben offenes Kästchen, welches durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen getheilt ist und durch welches die einzelnen Schülersitze von einander getrennt werden. Das System hat Latten-Fussrost und ist in sechs Grössen durchgeführt.

Hierher gehört auch die Lenoir'sche Bank, die namentlich in Pariser Schulen Verwendung findet. Das elegante Gestell ist aus gebogenem Eisen, Sitz, Lehne und Pult sind aus Holz hergestellt.

Fig. 196.



Löffel's Schulbank.

Zur zweiten Gruppe der Subsellien mit fester Minus-Distanz gehört zunächst

Löffel's Schulbank, deren Construction aus Fig. 196 ersichtlich ist. a ist die Tischplatte, b die Sitzbank mit den etwa 20 cm langen Ausschnitten neben jedem Sitz. Die Ecken der Sitzbretter sind abgerundet. Die Bank kann mit beliebig vielen Sitzen ausgestattet werden.

Baron (Breslau), dessen Subsellium im Princip demjenigen Löffel's gleicht, macht die Ausschnitte nur etwas geräumiger, so dass das Stehen bequemer ist.

Die Aspanger Schulbank (Schwinger in Aspang, Niederösterreich) hat Minus-Distanz und ähnliche Ausschnitte in der Sitzbank wie die beiden vorgenannten Systeme; indess sind die abgerundeten Ausschnitte nur 4 cm tief und 18 cm lang, weil nach Schwinger's Absicht der Schüler nur mit einem Bein in diesen Ausschnitt treten soll, während das andere Bein vor dem eigentlichen Sitze bleibt und hier in leichter Beugung gehalten wird. Die Bank ist viersitzig und hat Einzellehne.

Marsch (Helmstedt) hat in der Sitzbank und in dem Pult flache, curvenartige Ausschnitte, die sich gegenüber liegen, so dass der Schüler hier etwas mehr Platz zum Stehen findet als in den Bänken, die diese Ausschnitte nur in dem Sitzbrett haben. Im Uebrigen ist das Subsellium ohne bewegliche Theile und vollständig aus Holz hergestellt.

Im Anschluss an die vorstehenden Systeme sind als dritte Gruppe diejenigen Subsellien zu erwähnen, welche Einzelsitze in fester Minus-Distanz haben. Die zwischen den Einzelsitzen befindlichen Zwischenräume, in welche die Kinder beim Aufstehen treten sollen, müssen gross genug sein, um das Stehen ohne Beschwerde zu ermöglichen. Von derartigen hauptsächlich in Frankreich bekannt gewordenen Systemen sind zu nennen:

Bapterosses: Achtsitzige Bank, kleine, pilzförmige Einzelsitze mit verstellbarer Sitzhöhe; keine eigene Lehne.

Greard: Drei- bis viersitzig; senkrecht stehende, hohe Kreuzlehne, welche der Form des Unterrumpfes entsprechend in horizontaler Richtung ausgehöhlt ist (Lorenz).

Von diesen Bänken mit fester Minus-Distanz gilt bezüglich des Ein- und Austretens und des Aufstehens dasselbe, was von den Subsellien mit constanter Null-Distanz gesagt ist. Auch das Sitzen in derartigen Bänken ist immer eine Zwangslage. So sehr die Minus-Distanz beim Schreiben erwünscht ist, ebenso unbequem wird dieselbe während der Schreibpausen, weil der Oberkörper durch eine dauernde Einzwängung in seiner freien Bewegung beeinträchtigt wird. — Auch die Constructionen mit den Ausschnitten in den mehrsitzigen Bänken haben sich nicht bewährt, da das stete Seitwärts-Aufstehen und -Setzen üble Folgen für die Körperhaltung der Schüler nach sich ziehen muss. Lorenz weist darauf hin, dass durch diese Systeme, namentlich durch die Aspanger Bank, die Kinder geradezu zur Gewohnheit des verpönten Stehens auf einem Beine erzogen werden. Cohn erwähnt noch die von Lehrern ge-

machte Beobachtung, dass die Kinder an die Ausschnitte heranrücken und masturbiren. Diese mehrsitzigen Bänke mit den Ausschnitten erfordern auch mehr Raum als andere Subsellien, weil jeder Schüler eigentlich einen doppelten Sitz hat, einen zum Sitzen und einen zum Stehen. So hat z. B. die dreisitzige Bank von Marsch eine Länge von 2,32 m, also pro Platz 84 cm, während wir sonst im Höchstfalle nur 65 cm haben. Zwar ist bei diesen Bänken eine Ersparniss an Raum insofern möglich, als die Tiefe des ganzen Subselliums geringer ist als bei den übrigen Systemen, aber doch wird der Ausgleich nicht ganz erreicht. Ueberdies vermehrt eine lange Bank mit fester Minus-Distanz erheblich die Unannehmlichkeiten der Zwangslage, welche die Minus-Distanz an sich schafft. — Diese Erwägungen haben auch für die in der dritten Gruppe genannten Subsellien Geltung.

IV. Subsellien mit veränderlicher Distanz (Plus-Minus-Distanz).

Der Schwerpunkt aller Bemühungen der jüngsten Zeit liegt darin, Subsellien herzustellen, welche für das Schreiben Minus- und für die übrigen Beschäftigungen der Schüler auch für das Stehen Plus-Distanz gewähren. Dies ist nur dadurch zu erreichen möglich, dass einzelne Theile des Subselliums beweglich gemacht werden. Zwar wird gegen die Schulbänke mit beweglichen Theilen vorgebracht, dass sie wenig dauerhaft sind, weil der Mechanismus beim Gebrauch abnutzt bezw. zerstört wird, dass sie störendes Geräusch verursachen, dass sich die Kinder an ihnen verletzen können und dass sie den Schülern Anlass zu Spielereien, zur Bethätigung ihres Zerstörungstriebes geben und, alles zusammen, die Veranlassung zu mancherlei Störungen des Unterrichts sind. Diese Uebelstände, die übrigens durch verfeinerte Technik in der Ausführung auf ein geringstes Maass zurückgeführt werden können, müssen ertragen werden, wenn man nicht auf die veränderliche Distanz Verzicht leisten will. Bei der Wahl eines Schulbanksystems wird man daher vor Allem darauf sehen, dass diese Uebelstände möglichst wenig hervortreten.

Der Forderung nach veränderlicher Distanz kann augenscheinlich auf zweierlei Weise genügt werden. Einmal geschieht dies dadurch, dass man die Tischfläche veränderlich macht, und zwar kann man dieselbe entweder theilen und zum Umklappen einrichten, oder man kann die ganze Tischplatte oder Theile derselben verschiebbar

machen. Sodann kann die Minus-Distanz auch dadurch hergestellt werden, dass man die Sitzbank beweglich macht; diese kann nun entweder als Klappsitz, Pendelsitz, Schiebesitz, Drehsitz eingerichtet werden, oder man kann Stühle und Sessel verwenden. Desgleichen ist die Combination beider Vorrichtungen möglich, so dass Sitz und Tisch beweglich sind. Alle diese Bemühungen haben in der That den Subsellien zu immer grösserer Vollkommenheit verholfen.

Die Subsellien dieser Abtheilung können wir demgemäss in folgende Gruppen theilen:

Bewegliche Tischplatte: 1. Klapptisch,
2. Schiebetisch.

Beweglicher Sitz: 1. Pendelsitz,
2. Klappsitz,
3. Schiebesitz,
4. Drehsitz,
5. Stühle oder Sessel.

Beweglicher Sitz und bewegliche Tischplatte.

Wir schliessen dann noch folgende Gruppen an:

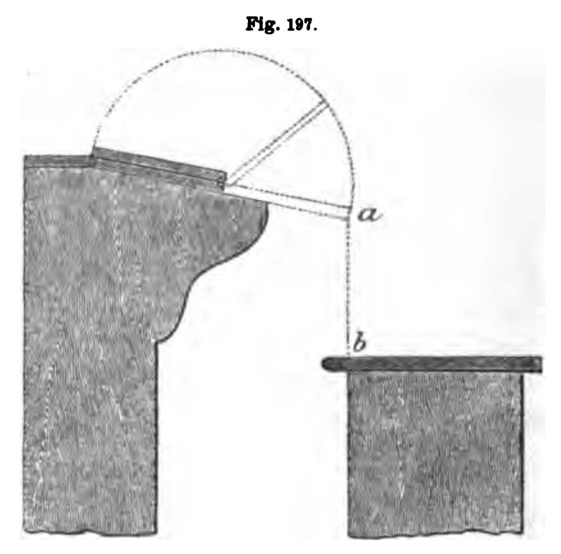
Subsellien, die für jede Körpergrösse verstellbar sind,
Subsellien mit Reclinationssitzen,
Subsellien für Steharbeit.

Subsellien mit Klapptischen.

Parow's Schulbank (Fig. 197). Der geneigte Theil der Tischplatte ist in der Mitte getheilt; der vordere Theil kann mittelst Scharnieren aufgeklappt und vollständig zurückgelegt werden. Minus-Distanz 7,8 cm, Breite der Tischplatte 47 cm, Sitzbrett für kleinere Kinder 26,2 cm breit. Die übrigen Maasse entsprechen den Vorschlägen von Fahrner. Das Fussbrett ist verstellbar, die Rückenlehne leicht rückwärts abgebogen. Später sind an dieser Schulbank einige Verbesserungen vorgenommen. So sind die vorspringenden Consolen, die den vorderen Theil der Tischplatten stützen und die störend beim Ein- und Austreten wirken, sobald dieser Theil umgeklappt ist, beseitigt. Ferner ist die durchgehende Tischplatte, an der alle Schüler der Bank zugleich in Minus- oder in Plus-Distanz sitzen müssen, in Einzeltischplatten zerlegt, so dass für jeden Sitz der Tisch besonders aufgeklappt wird und deshalb jeder Schüler von seinem Nachbar unabhängig ist.

Cohn's Schulbank (s. Fig. 198) und die Schulbank „der pädagogischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur" in Breslau sind im Wesentlichen übereinstimmend; nur sind von letzterer für die Mittelgrössen der Kinder von 109—143 cm acht Pultformen, von Cohn, welcher glaubt, dass Kinder, welche sich nur 5—10 cm in der Grösse unterscheiden, auf derselben Schulbank Platz nehmen können, vier Pultgrössen in Vorschlag gebracht worden. Die Distanz wird zu — 2,6 cm angenommen, die Tischplatte in der Mitte durch einen Längsschnitt ge-

Fig. 197.



Parow's Schulbank.

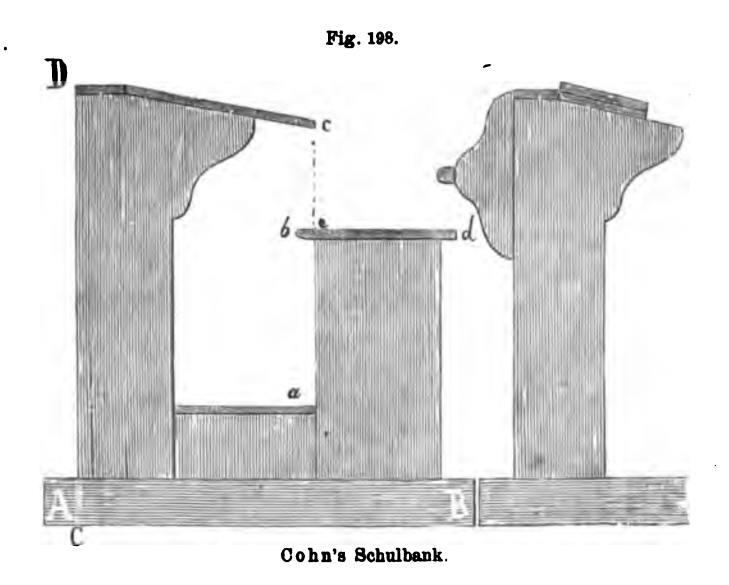
theilt und mittelst geeigneter Scharniervorrichtung (nach Aenderung des Lehrers Keicher)[1]) zum Aufklappen eingerichtet. Die Tischplatte ist 39 cm breit, von denen 7,8 cm der horizontalen, 31,2 cm der geneigten Fläche angehören; doch bestimmt Cohn als Maass der Gesammtbreite 47—49,5 cm. Da sich die Commission sowohl, wie auch Cohn aus pädagogischen Gründen für gleichmässig hohe Pulte entschieden, so war es nothwendig, den jüngeren Schülern Fussbretter zu geben. Das Fussbrett, in der der Länge des Unterschenkels entsprechenden Höhe angebracht, ist 15,7 bis

[1]) W. Keicher, Quartalschrift für Erziehung und Unterricht. Organ des württemberg. kathol. Volksschullehrervereins. Biberach 1866, Heft 3, p. 208, und Dr. Gross in Ellwangen, Med. Correspondenzblatt des württemberg. ärztlichen Vereins. 1866. Bd. 36.

23,15 cm breit, aber 2,6 cm vor das Loth von der inneren Tischkante vorspringend.

Das Bücherbrett ist nach Cohn am liebsten unter der Sitzbank anzubringen, wenn es unter dem Tisch die Schenkel der Kinder genirt.

Fig. 198.



Cohn's Schulbank.

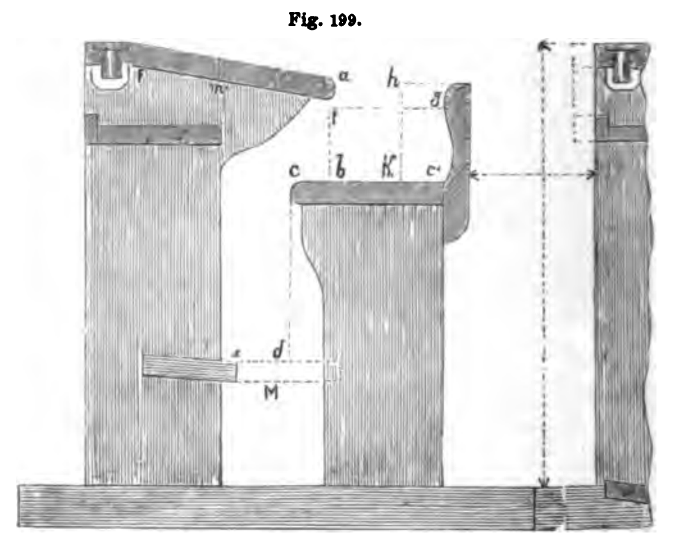
Die Lehne ist eine Kreuzlehne, an dem nächstfolgenden Pult 13—15,7 cm über dem Sitzbrett angebracht in Form einer rundgehobelten Stange, welche 4,7 cm vorspringt.

Die von Cohn vorgeschlagenen Maasse sind folgende:

	Für Knaben				Für Mädchen
Banknummer	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Nr. IV	in den gleichen Körpergrössen
Körpergrösse	109—115	117,5–123	124—133	134—146	
Sitzbankhöhe a b .	32	34,7	37,3	40	
Höhe des inneren Tischrandes . .	49	53	56,9	58,9	
Differenz c e . .	17	18,3	19,6	18,9	19–20,3–21,5–24,2 mit Rücksicht auf die stärker auftragenden Kleider.
Bankbreite b d .	26,2	26,2	26,2	26,2	
Ganze Pulttiefe .	78,5	78,5	78,5	78,5	
Ganze Pulthöhe .	73,5	73,5	73,5	73,5	

Herrmann's Schulbank (s. Fig. 199). Herrmann ist nach einer Reihe von Messungen im Ganzen zu denselben Resultaten gekommen wie Fahrner; indess geht er bei der Construction der Schulbank sehr wesentlich mit demselben aus einander in der energischen Forderung einer Minus-Distanz von 5,2—6,5 cm, welche ihm nach einer Reihe von Versuchen als die zweckmässigste erschienen ist. Um bei dieser Distanz ein Stehen in der Schulbank möglich zu machen, entscheidet er sich ähnlich wie Parow und Cohn für die aufklappbare Tischplatte, welche übrigens nach Herrmann's eigener Angabe zuerst von Dr. Meyer allerdings nur für Nähtische zur

Fig. 199.



Herrmann's Schulbank.

Anwendung gebracht worden ist. Die beiden Theile werden in der Mitte der Tischfläche durch sog. Nussscharniere, an beiden Enden durch gewöhnliche Scharniere verbunden; zur Unterstützung der überklappbaren Hälfte sind an den Seitenwangen des Tisches Consolen angebracht. — Die Gesammtlänge des Tisches ist für vier bis fünf Kinder berechnet.

Für die Differenz hält Herrmann die von Fahrner gegebene Bestimmung derselben, nämlich $^1/_8$ der Körpergrösse für Knaben, $^1/_7$ derselben für Mädchen, ebenfalls fest; er rechnet indess wegen der Aufwärtsbewegung, welche die Ellenbogen machen, um zum Zweck des Schreibens die Vorderarme auf die Tischplatte zu bekommen, in den unteren Klassen 2,6, in den mittleren 3,9, in den

oberen sogar 4,5 cm hinzu, um welche Maasse die Differenz grösser wird. Er kommt zu dem Schlusse, dass Kinder mit nur 7,8—10 cm Unterschied in der Körpergrösse sehr wohl an demselben Pulte Platz nehmen können, dass ferner für jede Klasse zwei Subselliengrössen nöthig sind, von denen die eine für die Gruppe der kleineren, die andere für diejenige der grösseren Schüler bestimmt wird. So kommt er für sechs Klassen zu sieben Bankgrössen, von denen die grössere der unteren Klasse für die kleineren Schüler der nächst höheren Klasse passt.

Bemerkenswerth ist noch an Herrmann's Pult das Fussbrett, welches, in Fugen ruhend, schräg nach vorn aufsteigt; indess ist er mit dem horizontalen Fussbrette ebenfalls einverstanden.

Schulbank von Wolf und Weiss (Zürich). Diese von einer Commission in Zürich nach vorangegangenen Messungen (s. p. 596) der Schuljugend entworfene und von Wolf und Weiss ausgeführte Schulbank hat einen in Scharnieren aufzustellenden Klapptisch, welcher sich als Lesepult benutzen lässt, feste Bank mit geschweiftem Sitz, Kreuz- oder Rückenlehne (letztere nur für Mädchen), breites Fussbrett. Minus-Distanz bei heruntergeklapptem und zum Schreiben eingerichtetem Tisch = 3 cm. Die Bank ist zweisitzig. Gestelle aus Gusseisen. Tischblatt aus Eichenholz, Sitz- und Bücherbrett aus Tannenholz. Neigung der Tischplatte im Winkel von 14°. Versenkung für die Schiefertafel. Im Ganzen wurden acht Nummern ausgeführt und für jede Klasse drei Nummern vorausgesetzt.

Umstehende Maasstabelle wurde den Nummern zu Grunde gelegt.

Schulbank von Lüthi (Bern). Einsitzige Bänke. Die ungetheilte Pultplatte lässt sich durch ein Bandeisen in Gestalt eines Viertelkreises mit Hilfe einer Steckelvorrichtung in jeder beliebigen Schräge und wagerecht feststellen, wie auch vollständig herablassen, so dass sie senkrecht herabhängt und dann den Eingang zum schmalen, senkrecht stehenden Bücherfach versperrt.

Erismann (Moskau) hat an seinem Subsellium Klapptische und eine Lendenlehne, welche die Form einer horizontalen, etwas abgerundeten Leiste von 8 cm Höhe hat.

Schmidtbauer (Schwanenstadt). Ein Theil der Tischplatte ist umklappbar; das Sitzbrett kann zurückgelegt werden.

Fahrner's Schulbank ist auch in der Weise umgeändert, dass die Hälfte der Tischplatte umgeklappt werden kann.

Maasstabelle der Schulbänke für Primar- und Secundar-Schulen in Zürich.

Jahre	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—13	13—14
Grösse in cm	101—110	111—120	121—130	131—140	141—150	151—160	161—170	171—180
Klasse	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Neigung der Tischplatte 14°	80	87	90	95	100	100	100	100
Verticaler Abstand, Tischplatte bis Sitz	190	200	210	220	230	240	260	280
„ „ Sitz bis Fussbrett	260	300	340	370	400	430	460	490
„ „ Fussbrett über Boden	220	163	110	65				
Gesammthöhe des Tisches	750	750	750	750	730	770	820	870
Sitzbank								
Sitzfläche über Fussboden	480	463	450	435	400	430	460	490
Sitzbreite bis zur Verticalen	230	240	250	260	280	295	320	340
Höhe des Sitzgestells	394	377	364	349	314	324	364	394
Lehnen								
Untere Lehne, Unterkante über Sitz	120	140	150	160	170	180	190	210
Obere Lehne, „ „ „	190	200	220	230	240	250	260	280
Breite der oberen Lehne für Knaben	80	80	80	80	100	100	100	100
„ „ „ „ „ Mädchen	100	100	100	100	120	120	120	120
Tisch								
Breite der Tischplatte	340	360	380	400	420	420	430	430
Fester Theil der Tischplatte	160	180	200	220	240	240	250	250
Klappenbreite	180	180	180	180	180	180	180	180
Friesbreite	110	110	110	120	120	120	120	120
Breite des Bücherbrettes	200	200	200	240	240	240	240	240
Lichter Raum zwischen Bücherbrett und Tischplattenunterfläche	145	145	145	140	140	140	140	140
Schwellenlänge	803	825	857	870	905	920	960	980
Länge des zweispältigen Tisches	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1400	1400
Abstand von Tischrand bis zur Lehne	200	210	220	230	250	265	290	310

Hierher zu zählen ist auch das System von F. Schenk in Bern, auf das wir unten noch besonders eingehen.

Klapptische sind ferner construirt von

Simon & Comp. (Berlin),	Munziger (Kaiserslautern),
Lickroth & Comp. (Dresden),	Barth (Stuttgart),
Simmet (München),	Kottmann (Oehringen),
Elsässer (Heidelberg),	Pedersen (Kopenhagen),
	Largiadèr (Strassburg).

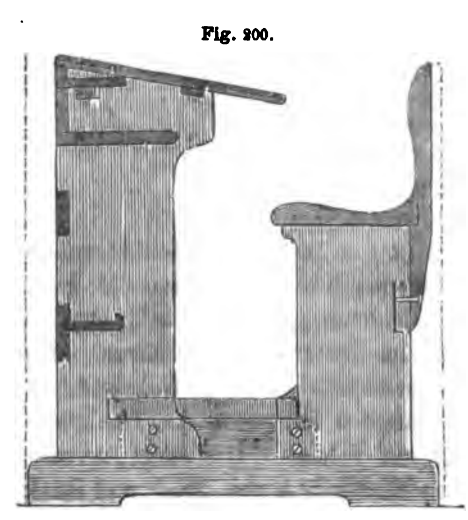
Bei all diesen Systemen ist die Veränderung der Distanz theils allein durch die Klapptische, theils durch die Combination von Klapptischen und beweglichen Sitzen herbeigeführt. Wir kommen auf diese Systeme noch zurück.

Subsellien mit Schiebetischen.

Die Kunze'sche Schulbank (s. Fig. 200). Die Veränderungsfähigkeit der Distanz wurde von Ernst Kunze in Chemnitz durch einen Schiebemechanismus erreicht, welcher gestattet, die Tischplatte aus der Minus-Distanz in die Plus-Distanz überzuführen. Der Mechanismus ist so geistvoll eingerichtet, dass der Gebrauch der Schreibmaterialien überhaupt nur möglich ist, wenn die Tischplatte zur Minus-Distanz eingestellt ist; auf solche Weise sorgt derselbe gleichsam automatisch für diejenige Entfernung von Tisch und Bank, welche zu einem normalen Schreibsitzen nothwendig ist. Glücklich ist auch die Idee Kunze's, an jedem einzelnen Platz die Tischplatte für sich allein verschiebbar und so das Kind gleichsam unabhängig von dem anderen zu machen, was bis dahin mit keiner Aufklappvorrichtung erreicht worden war. Die ganze Einrichtung ist so einfach und im Ganzen solide, dass kaum etwas Besseres wird erdacht werden können. Ohne auf die genaue Schilderung derselben hier eingehen zu wollen, welche mehr technisches Interesse hat, sei nur soviel aus Schildbach's ausführlicher Beschreibung des Systems wiederholt, dass die ganze Tischplatte ursprünglich keine Zweitheilung in eine horizontale und eine geneigte Partie erkennen lässt, sondern als im Ganzen geneigt erscheint; die Distanz ist so von vornherein eine Plus-Distanz von einigen Centimetern. So lange die Tischplatte diese Form hat, ist es möglich, in der Schulbank zu stehen. Soll nun geschrieben werden, so wird die Pultplatte vor-

gezogen, wobei sie sich in der Fortsetzung der Neigungsebene nach dem Schüler zu bewegt, und es ergiebt sich nun, dass die Pultplatte doppelt ist. Beim Vorziehen bewegt sich nur die obere Platte, während der untere, das Tintenfass tragende Theil fest liegen bleibt. Zum Anfassen der Tischplatte beim Herausziehen dient eine Leiste, die unterhalb der Platte angebracht ist; die Feststellung des vorgezogenen Pultes erfolgt durch einen Riegel. Die Bewegung ist durch den Mechanismus so regulirt, dass die Verschiebung $^1/_3$ der ganzen Tischplatte beträgt. Nach beendeter Verschiebung hat sich die Distanz bis zur Minus-Distanz verändert, und da zugleich in der unteren der zwei Tischplatten das Tintenfass eingelassen ist, ist jetzt die Möglichkeit zum Schreiben gewährt.

Fig. 200.



Kunze's Schulbank.

Bemerkenswerth ist an der Kunze'schen Schulbank noch die massive hohe Kreuzlehne, welche der Form der Wirbelsäule entsprechend geschweift und jedem Kinde einzeln gewährt ist, so dass auch nach dieser Richtung ein Platz von dem anderen sich abschneidet. Die Lehne ist schmal und entspricht nur gerade der Breite des Rückens in der Gegend der Lendenwirbelsäule, was nach Schildbach ungefähr die Hälfte derjenigen Breite ist, welche der Rücken in der Höhe der Achselhöhlen hat. Der Raum zwischen zwei Lehnen ist frei und kann, wenn hinter der Schulbank ein Quergang befindlich ist, dazu dienen, den Kindern das Austreten resp. das Uebersteigen zu gestatten.

Das Sitzbrett ist ebenso wie die Lehne geschweift, und beide zusammen bilden ein ziemlich genaues Negativ der Formen des sitzenden Menschen; dadurch wird, entsprechend den physiologischen Auseinandersetzungen Meyer's, das Sitzen ausserordentlich bequem gemacht; ein Abrutschen ist bei vorhandener Kreuzlehne mit gehöhltem Sitzbrett kaum möglich.

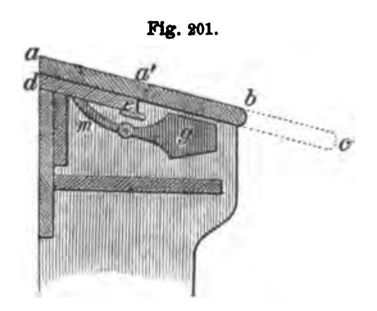
Schildbach lässt die Kunze'sche Schulbank in zehn Nummern anfertigen.

Der Kunze'schen Schulbank reihen sich zunächst diejenigen Subselliensysteme an, deren Tischplatte gleichfalls aus der oberen beweglichen Platte und dem darunter liegenden, das Tintenfass tragenden Theile besteht; es sind dies die Olmützer Schulbank, die Wiener Schulbank von Paul, die Systeme von Dollmayr, Kretschmar, Nickelsen, Albers-Wedekind, Knoost und die Lindener Schulbank, ferner, durch eine vollständig doppelte Tischplatte sich von den vorgenannten unterscheidend, die Systeme von Kempf und Schuster.

Die Olmützer Schulbank unterscheidet sich von der Kunze-schen dadurch, dass die vorgezogene Tischplatte durch eine Feder festgestellt wird.

Die Wiener Schulbank (von Baurath Paul in Wien; s. Fig. 201). Der Erfinder ging von der Ansicht aus, den bei der Kunze'schen Schulbank durch das Vorziehen der Pultplatte entstehenden überflüssigen Raum, welcher nur die Tintenfässer enthält, zur Vergrösserung der Tischfläche zu verwerthen und dadurch den Vorwurf, dass diese Schulbank zu viel Raum beanspruche, zu entkräften, weil bei Benutzung des bezeichneten Raumes die Tischplatte in ihrer Breite vorn um ein entsprechendes Maass reducirt werden kann. Paul gestaltete nun bei seinem System den Mechanismus folgendermassen: Wird die Pultplatte bis c vorgezogen, so springt in den entstandenen Raum aa′ die Leiste de automatisch ein, indem sie von dem Hebel gm, der mit der Belastung g versehen ist, hochgehoben wird. Die Pultfläche bildet nun eine zusammenhängende Ebene ac. Soll die Tischplatte zurückgeschoben werden, so wird die Leiste de niedergedrückt. Nachdem die erste Construction dieser Bank 5 Jahre lang in Wiener Schulen gebraucht war, stellte A. Meyer aus den Urtheilen der Schulleiter, in deren Schulen diese Bänke in Gebrauch waren, folgende Mängel zusammen: Zuerst verwerflich erscheint der Mechanismus, welcher die Bank verteuert, fortwährend Reparaturen erfordert und trotzdem schlecht oder gar nicht functionirt. Das Schieben der Tischplatte ist der Kunze'schen Bank gegenüber sehr erschwert und verursacht einen störenden Lärm. Das Resultat dieser Urtheile war, dass die Kunze'sche Bank die bessere sei. Lorenz erwähnt noch folgende Uebelstände an der Paul'schen

Fig. 201.

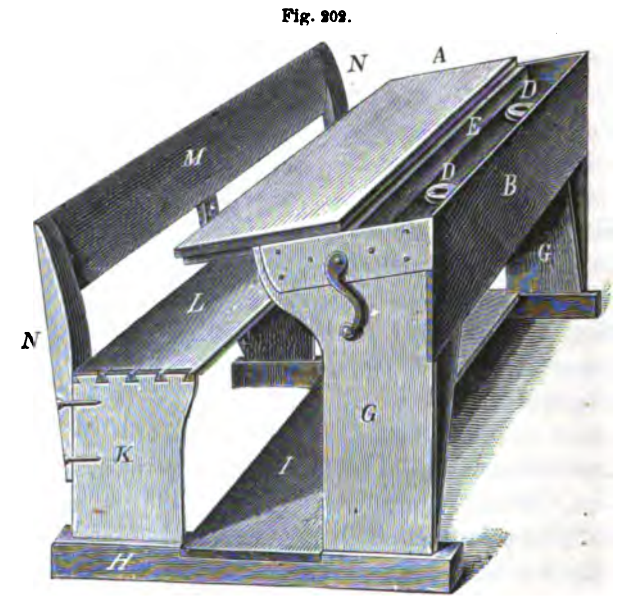


Wiener Schulbank (Paul).

Bank: Wird die Platte vorgezogen, so springt die Leiste häufig nicht gehörig ein, und wenn sich die Kinder nun an die Platte anlehnen, so schieben sie dieselbe allmählich nach vorn. Beim Herabdrücken der Leiste schlägt das Gegengewicht des Hebels häufig gegen die Pultplatte und erzeugt grosses Gepolter.

Dollmayr (Wien) hat einen ähnlichen Mechanismus wie Paul, um die Raumersparung gegenüber der Kunze'schen Bank zu bewerkstelligen. Auch bei ihm wird eine Leiste automatisch hoch

Fig. 202.



Albers und Wedekind's Schulbank.

gehoben; der Mechanismus arbeitet aber wesentlich geräuschloser als bei Paul.

Kretschmar (Wien). Die Pultplatte ist mit den sie tragenden Seitenwangen durch Hebel verbunden. Beim Vorziehen und Rückschieben macht die Platte eine schwingende Bewegung; in den beim Vorziehen entstehenden Raum wird durch einen Mechanismus eine unterhalb der Pultfläche liegende Leiste mit dem Tintenfass gehoben. Die Platte bleibt nur in ihren Endstellungen ohne sonstige Fixationsvorrichtung fest und ruhig, während sie in allen Zwischenstationen in der Schwebe ist.

Die Sylter Schulbank System Nickelsen (Hansen in Westerland auf Sylt). Zwei Kurbeln, welche durch eine Eisenstange

verbunden und an den Endstücken der Tischplatte befestigt sind, bewirken, dass die Platte beim Anheben und Vorziehen sich in pendelnder Bewegung aus der Plus-Distanz (8 cm) in die Minus-Distanz (2 cm) bewegt. Die Tintenfässer werden nur bei zurückgezogener Tischplatte frei; indess wird dieser Theil des Tisches nicht hoch gehoben. Die Lehne ist eine Kreuzlendenlehne. Das Fussbrett besteht aus Leisten.

In den Subsellien von Albers und Wedekind (Hannover), (Fig. 202) ist der Tisch der zwei- bis viersitzigen Subsellien durch einen mit einer abnehmbaren Kurbel zu bewegenden Zahnstangenmechanismus im Ganzen aufwärts und abwärts verschiebbar, um Plus- oder Minus-Distanz herzustellen. Nur in letzterem Falle kann der Schüler zu dem Tintenfass und den Schreibutensilien gelangen. Bei heruntergeschraubter Tischplatte ist eine feste Minus-Distanz hergestellt und das Aufstehen der Kinder unmöglich. Die durchgehende hohe Kreuzlehne ist leicht nach rückwärts geneigt.

Schulbank von Knoost (Freden a. Leine). Die Pultplatte wird beim Vorziehen durch eine Riegelfeder festgestellt. Soll die Platte bewegt werden, so zieht man mit der einen Hand den Riegel der Haltefeder abwärts und mit der anderen wird die Platte in Bewegung gesetzt.

Bei der Lindener Schulbank (Niederkron in Linden) ist die Tischplatte durch einen an einem Ende der Bank angebrachten Hebel, dessen Handgriff über das Pult hervorragt, vor- und rückwärts zu bewegen. Die Leiste mit den Tintenfässern ist in der tieferen Lage feststehend.

Während bei den bisher genannten Systemen der untere Theil der Tischplatte nur eine Leiste ist, breit genug, um das Tintenfass aufzunehmen, ist bei den beiden nächsten Systemen gewissermassen eine doppelte Tischplatte vorhanden, deren obere Platte verschiebbar ist.

An der Kempf'schen Schulbank (Kempf und Freitag, Winsen a. d. Luhe) besteht die zur Bewegung dienende Vorrichtung aus Winkeleisen, während zwei Eisenzapfen, die über die Enden der Tischplatte hervorragen, zur Fixirung der Tischplatte in vorgezogener oder in zurückgeschobener Lage dienen. Diese Eisenconstruction, von der man wohl mit Sicherheit annehmen kann, dass sie nicht ohne Geräusch functionirt, weil Eisen auf Eisen trifft, ist um deswillen gewählt, weil die Holzführung zwischen Nuthleisten, wie bei der Kunze'schen Schulbank, bei längerem Ge-

brauch klapperig wird, bei feuchtem Wetter sich auch wohl festklemmt.

Bei der Schulbank von C. Schuster (Berlin), neueres System, lässt sich die obere Platte vorziehen, wobei durch eine Schiene die Führung gegeben wird. Besondere Vorkehrungen zur Feststellung der Tischplatte sind nicht vorhanden; die starke Reibung, die auch beim Vorziehen sich bemerkbar macht, soll, wenn die Platte vorgezogen ist und der Schüler zum Schreiben die Arme auf den Tisch legt, so gross sein, dass die Platte sich nicht von selbst zurückschiebt, selbst wenn das Kind sich mit der Brust gegen dieselbe legt. Bei neuen Subsellien trifft dies zu, wie wir uns überzeugt haben; wir fürchten aber, dass bei längerem Gebrauch die Reibung sich so sehr vermindert, dass eine Fixirung der oberen Platte nur dann noch statthat, wenn auf letztere ein starker Druck von oben ausgeübt wird, was aber doch gerade für die Arme nicht zulässig ist.

Die übrigen Subselliensysteme mit Schiebetischen haben diese Veränderung in verschiedener Weise bewerkstelligt. Es kommen hier noch in Betracht die Systeme von Wackenroder-Hoffmann, Largiadèr, Schenk, Schuster und die „Columbus"-Schulbank.

Bei dem Subsellium von Wackenroder und Hoffmann in Wien wird die negative Distanz für die Schreibstellung im Wesentlichen durch Hervorziehen eines Theiles der Tischplatte herbeigeführt. Der heranzuziehende Theil befindet sich unter der eigentlichen festen Tischplatte; es kann daher die Pultfläche im Ganzen wesentlich schmäler sein als die Kunze'sche, was für eine grössere Schülerzahl eine erhebliche Raumersparniss giebt. Die untere Tischplatte ist um 12 cm hervorzuziehen, wobei 2 cm Minus-Distanz entsteht. Die Complicirtheit der Bewegung lässt diese Bank wenig empfehlenswerth erscheinen.

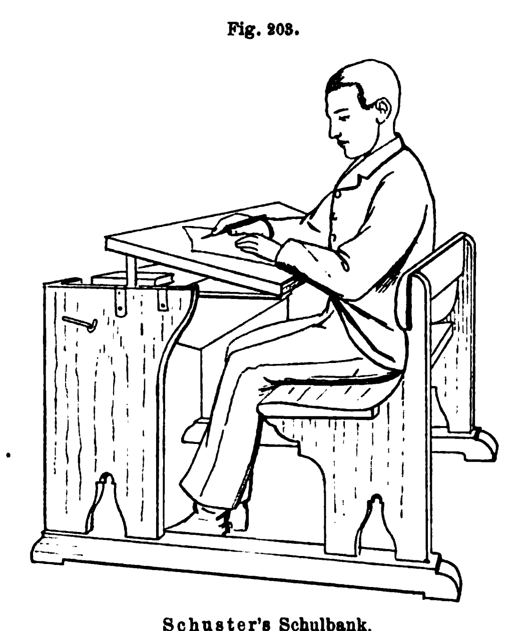
Das Subsellium von Largiadèr hat die Eigenthümlichkeit, dass der im Ganzen negative Distanz bietende Tisch als Einzelpult für jedes Kind aufzuklappen und der aufgeklappte Theil hervorzuziehen ist, so dass derselbe als Lesepult vortrefflich verwerthet werden kann. Die Lehne ist Kreuz-Rückenlehne. Sitz ausgeschweift. Lattenpodium und Tafelversenkung. Das Subsellium ist in sechs Grössen angefertigt.

Schulbank von C. Schuster (Berlin), älteres System (s. Fig. 203). Um die Veränderung der Distanz zu bewirken, wird die Tischplatte ein wenig angehoben, vorgezogen und niedergelassen; ebenso verfährt man beim Zurückschieben. Ist Plus-Distanz vorhanden, so liegt die

Platte wagerecht; je weiter sie vorgezogen wird, um so schräger stellt sie sich ein; bei weitester Vorderlage hat sie einen Neigungswinkel von 15—17°. Der Mechanismus ist dauerhaft, erzeugt aber etwas Geräusch, namentlich beim Zurückschieben der Platte.

Schulbank „Columbus" (Kapferer in Freiburg, Oberpfalz, ebenso C. Anselm in Salmünster-Soden) (Fig. 204). Befindet sich die Tischplatte in normaler Lage, so ist Minus-Distanz vorhanden. Zur Erzielung von Plus-Distanz wird die Pultplatte zurückgeschoben, wobei sie sich schräger einstellt und zugleich ein Lesepult bildet.

Fig. 203.



Schuster's Schulbank.

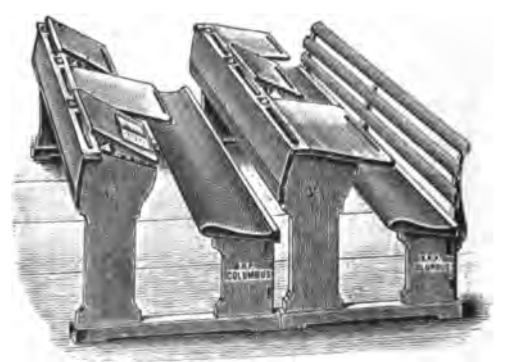
Um in dieser Schrägstellung das Herabrutschen der Bücher etc. zu verhindern, ist am unteren Rande der Tischplatte eine Buchleiste angebracht, welche sich beim Schreiben in die Tischfläche verlegen lässt, damit der Arm auf letzterer glatt aufliegen kann.

Auf die Systeme von F. Schenk und von Küffel, die auch Schiebetische haben, kommen wir später zurück.

Wenn wir nun die Klapptische und die Schiebetische im Allgemeinen beurtheilen, so ist es nicht möglich, einer Einrichtung vor der andern den Vorzug zuzusprechen, da beide sowohl ihre Vorzüge als auch ihre Nachtheile haben. Vor Allem ist auf möglichste Einfachheit des Mechanismus zu achten. Je complicirter der Mechanismus

ist, desto grösser ist die Veranlassung zu Störungen, desto geringer ist seine Haltbarkeit und desto höher ist in der Regel der Preis. Die Vorrichtung als Klapptisch ist einfach und billig; die schräg gestellte Klappe ist als Lesepult zu verwenden. Ueber diese Tische urtheilt Cohn, der sie zuerst empfohlen hatte, folgendermassen: Die Lehrer erklärten, dass fortdauernd Reparaturen, namentlich an den Knaggen, welche den vorderen umgeklappten Theil stützen, sowie an den Charnieren nöthig seien. Oft werfen sich die beiden Plattenhälften, so dass die Neigung derselben eine verschiedene und die Ebene des Tisches eine geknickte ist. Manchmal kommen auch Quetschungen der Finger vor, sowohl beim Umklappen als auch beim Zurückklappen. Ohne klapperndes Geräusch geht diese Ver-


Fig. 204.



Schulbank „Columbus“.

änderung nie vor sich. Dazu kommt hierbei die Unbequemlichkeit, dass der grösste Theil der auf der Platte befindlichen Gegenstände, Bücher u. s. w. entfernt werden muss, wenn der vordere Theil aufgeklappt wird, und dass dann die Tischplatte in ihrer Breite reducirt ist. — Schiebetische sind im Allgemeinen auch einfach und praktisch. Charniere sind nicht nöthig; die Tischplatte behält immer die gehörige Breite; Quetschungen der Finger können nur bei einzelnen Constructionen vorkommen. Dagegen nützen sich die Schiebetische an den reibenden Stellen ab; sie klemmen sich, wenn Schmutz, Federn u. s. w. sich in die Führungsritzen setzen oder wenn sie durch Nässe aufquellen. Das Hinauf- und Herunterschieben der Platte, dann das Befestigen und Lösen des Stellmechanismus erzeugen nicht bloss unangenehmes Geräusch (Quietschen, Klappern), sondern auch Umständlichkeiten und erfordern eine gewisse mecha-

nische Fertigkeit und Kraft, die bei kleineren Kindern noch nicht vorhanden ist.

Für beide Vorrichtungen sei noch weiter bemerkt, dass bei mehrsitzigen Subsellien die Lageveränderung der Tischplatte für jeden Sitz besonders vorgenommen werden muss, so dass jeder Schüler von seinem Nachbar unabhängig ist. Wenn die Tischplatte als Ganzes veränderlich ist, so müssen alle Schüler zugleich in Minus- oder in Plus-Distanz sitzen, und es ist dem Einzelnen z. B. nicht möglich, aufzustehen und aus der Bank zu treten, wenn die übrigen Schüler der Bank schreiben, natürlich den Fall ausgenommen, wo das Kind einen Eckplatz hat. Soll die Veränderung für den Einzelsitz ausgeschlossen sein, so setzt dies zweisitzige Subsellien voraus.

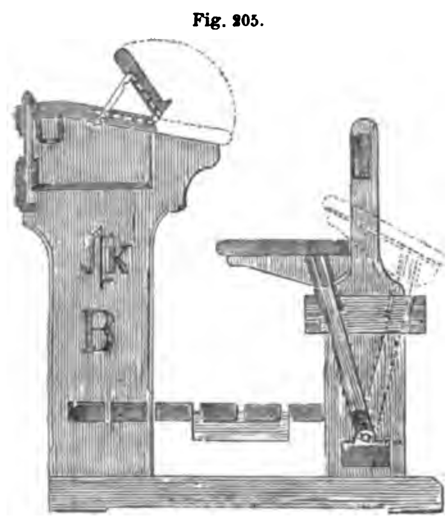
Klapptische gestatten nur eine zweifache Distanz, und zwar Minus-Distanz (2—5 cm) für das Schreibsitzen und Plus-Distanz (wenigstens 10 cm) für das bequeme Stehen; sie gewähren aber nicht eine gute Distanz für das freie Aufrechtsitzen. Sitzt nämlich das Kind, ohne zu schreiben, dauernd in Minus-Distanz, so muthen wir ihm eine Zwangslage zu, die auf die Dauer unerträglich wird. Sitzt es in Plus-Distanz und will es mit seinem Rücken die Lehne nicht verlassen, so ist die Tischplatte, auf welche es gewöhnlich seine Hände legen und beim Lesen das Buch stellen muss, so weit entfernt, dass diese beiden Forderungen nur bei völlig gestreckten Armen zu erfüllen sind, was aber zu baldiger Ermüdung der Arme führt. Für das freie Aufrechtsitzen sollte also der Tisch weiter entfernt sein als beim Schreibsitzen, aber näher herangerückt als beim Stehen. Es ist daher zu wünschen, dass sich mit Hilfe des beweglichen Tisches drei Stationen herstellen lassen, eine für das Schreibsitzen, eine für das freie Aufrechtsitzen und eine für das Stehen. Dies ist bei den üblichen Klapptischen nicht möglich, sondern nur bei denjenigen Schiebetischen, die beliebig verstellbar sind und in jeder Lage fixirt werden können. Es würden demnach gewisse Formen der Schiebetische den Klapptischen vorzuziehen sein.

Subsellien mit Pendelsitzen.

Kaiser's Subselliensystem (s. Fig. 205). Die Kaiser'sche, von der bayerischen Regierung privilegirte Schulbank unterscheidet sich von allen früheren dadurch, dass sie eine ausserordentlich zweckmässige Vorrichtung besitzt, die Sitzbank zu verschieben und so die Veränderung der Distanz herzustellen. Beim Aufstehen drückt

das Kind mit der Kniekehle den Sitz nach rückwärts; beim Niedersetzen zieht es denselben mit leichtem Druck der Hand wieder nach vorn. Da jedes Kind seinen eigenen Sitz erhält, welcher 15 cm von dem nächsten entfernt ist, so ist jedes Kind beliebig im Stande, aufzustehen und sich niederzusetzen, ohne das nächste zu hemmen. Jedes Kind befindet sich so gleichsam auf einem eigenen Stuhl. Das Einzelsitzbrett ruht auf einem Tragrahmen, an welchem auf der unteren Seite eine Eisenschiene befestigt ist, deren Zapfen in den beiden (an einer Leiste nahe am Boden festgeschraubten) Eisenlagern den Drehpunkt für die kreisförmige Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des Sitzbrettes bilden. Der Tragrahmen stellt den Radius des Kreisbogens dar, der vom Sitzbrette bei der Bewegung beschrieben wird. Die Eisenschiene mit den beiden Zapfen bildet die Axe des Kreises. Die Sitzzarge dient als Hinderniss für die Bewegung, so dass das Sitzbrett nur jenen Kreisbogen beschreiben kann, der für den Zweck dienlich ist. Die vordere Sitzzargenleiste hält das Sitzbrett in der Sitzstellung, die hintere in der Stehstellung.

Fig. 205.



Kaiser's Schulbank.

Die Subsellien haben durchlaufende, senkrecht stehende Kreuzlehnen nach Fahrner. Die Fussbretter in Leistenform stellen ein ganzes Podium dar, so dass der Schmutz von den Stiefeln der Kinder durch den Rost hindurch und auf den eigentlichen Zimmerboden fällt, von wo er entfernt werden kann. Die Tischplatte ist geneigt. Ein eigener Behälter für die Schiefertafel in Form einer Versenkung ist an der Vorderseite des Tisches angebracht.

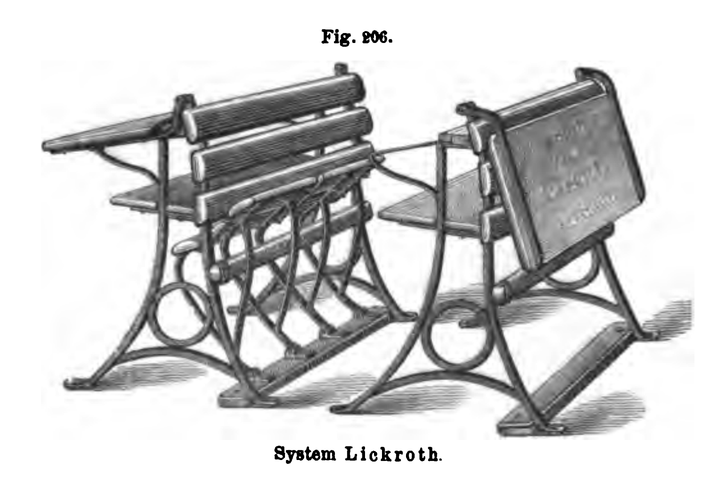
Kaiser hat im Ganzen das System in fünf Typen dargestellt, welche der Grösse der Kinder angemessen und so construirt sind, dass für einen Grössenunterschied von je 15 cm eine Type passt.

Type A für die Grösse von . . . . 0,95—1,09 m
„ B „ „ „ „ . . . . 1,10—1,24 „
„ C „ „ „ „ . . . . 1,25—1,39 „

Type D für die Grösse von . . . . 1,40—1,54 m
„ E „ „ „ „ . . . . 1,55—1,70 „

Eine wesentliche Neuerung und Verbesserung brachten in die Subsellienconstruction die Systeme von Lickroth, Elsässer, Vogel, Munzinger u. A. Alle wichen zunächst im Anschlusse an amerikanische Muster (Russel) davon ab, das Subsellium wie bisher aus Holz zu construiren und führten statt dessen eiserne Gestelle aus, an welchen, um die Reinigung zu erleichtern, Tisch oder Sitzbank oder auch beide beweglich angefügt wurden. Diejenigen Theile, mit welchen die Kinder direct in Berührung kommen, wurden in Holzconstruction ausgeführt, und zwar die Tischplatte aus einem Stück, Lehne und Sitzbank aus einzelnen Holzleisten.

Fig. 206.



System Lickroth.

Das System Lickroth wird von verschiedenen Firmen ausgeführt, so von A. Lickroth & Co.-Dresden, Lickroth & Co.-Frankenthal, Simon & Co.-Berlin. Der dreieckige, aus Gusseisen hergestellte Tragrahmen des Sitzes ruht mit seinem tiefliegenden Drehpunkte auf einer Holzleiste, die dem Fussboden aufliegt. Die Arretirung des Sitzes erfolgt an einem durchgehenden Holzbalken. Bei zurückgelegtem Sitze ruht der vordere Schenkel des Tragrahmens, bei vorgelegtem Sitze der hintere Schenkel an diesem Balken. Zur Verhinderung des Geräusches sind die Arretirungspunkte der beiderseitigen Lager mit Filzpolstern bekleidet. Das Subsellium hat eine Kreuz-Rückenlehne, die an dem nächstfolgenden Pulte angebracht ist. Behufs besserer Reinigung des Fussbodens ist die Befestigung der Tischplatte mittelst eines Schlüssels zu lösen

und die Platte vollständig umzulegen (Fig. 206). Um die Schwellen am Eingange in die Bank zu vermeiden, ist für Sitz und nächstfolgendes Pult ein gemeinsames Gestell geschaffen. Da die am Boden befindliche Holzleiste, welche die Pendelsitze trägt, die Reinigung des Zimmers sehr beeinträchtigte, so hat man den Drehpunkt etwas höher gelegt (Fig. 207) und statt der tragenden Holzleiste eine Eisenstange verwandt.

Die einzelnen Firmen fertigen zumeist die verschiedensten Typen an; so findet sich der Lickroth'sche Pendelsitz zusammengebracht mit

Fig. 207.



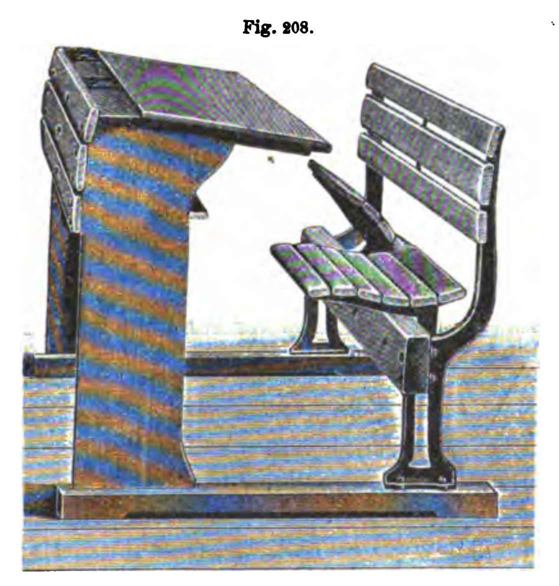
System Lickroth.

Klapptischen, mit umgelegten und als Stehpult zu verwendenden Tischplatten, mit sonst völlig aus Holz construirten Subsellien u. s. w. Die Systeme der verschiedenen Firmen, die Pendelsitze anfertigen, unterscheiden sich nur durch geringfügige Abänderungen.

Elsässer (Schönau bei Heidelberg) führt als Nachtheile der Pendelsitze mit tiefliegendem Drehpunkt auf Eisen, die er bisher auch in den verschiedensten Subsellientypen verwendete, Folgendes an: Es ergab sich meist ein störendes Geräusch, entstehend beim Anschlag des Sitzes durch die Begrenzung seiner pendelnden Bewegung. Nicht minder war die Berührung der sich bewegenden Flächen von Eisen auf Eisen ebenfalls Ursache unangenehmer Töne, wenn letztere auch durch einige Tropfen Oel verhütet

werden konnten. Ein weiterer Uebelstand bestand in der tiefen Lage der Drehpunkte, wodurch einer leichten und bequemen Reinigung des Fussbodens mehr oder weniger Schwierigkeiten bereitet wurden. Elsässer hat nun neuerdings einen verbesserten beweglichen Sitz construirt (Fig. 208). Dieser bewegt sich ohne Reibung mit Umgehung der Berührung von metallischen Flächen, hebt sich beim Aufstehen des Schülers von selbst ohne dessen Nachhilfe und senkt sich wieder ohne jegliches Zuthun des sich darauf Setzenden. Behufs Reinigung des Fussbodens verbleibt der Sitz durch den nach

Fig. 208.



Elsässer's verbesserter Pendelsitz.

hinten gelegten Schwerpunkt in zurückliegender Stellung; aus demselben Grunde ist auch sein Drehpunkt möglichst hoch gelegt.

Bei Munzinger (Fig. 220 auf p. 662) ist der Drehpunkt der Sitztragrahmen hängend an einem durchgehenden Balken angebracht.

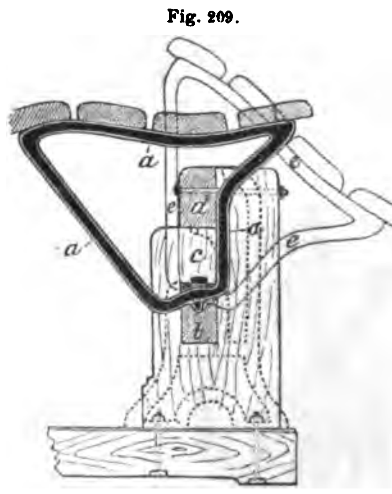
Bollmann-Cassel. Die Führung der Sitzstützrahmen vollzieht sich auf zwei in einen Balken eingelassenen Glaspfannen ohne Geräusch und bei dem geringsten Drucke. Die vorderen Bügel der Tragrahmen sind aus gebogenem Holze und mit Zapfen verbunden.

Der Reform-Pendelsitz (Kapferer in Freiburg und Anselm in Salmünster, Fig. 209) ruht mit dem Zapfen der Sitzrahmen a auf einem Stützlager aus Hartholz b, wodurch ein voll-

ständig geräuschloses Functioniren bedingt sein soll. Die beiden Stellungen des Sitzes werden durch den Balken d fixirt.

Die übrigen Systeme mit Pendelsitzen bieten nichts Charakteristisches, womit aber keineswegs gesagt sein soll, dass sie vielleicht weniger geeignet seien als die vorgenannten. Es sind hier zu nennen: Kottmann, Oehringen; Fuhrmann und Hauss, Frankenthal (Oberpfalz); Gebr. Neuendorff, Herborn; Sabel und Scheurer, Oberursel bei Frankfurt a. M.; Gaul, Hauss und Hinklein, Frankenthal (Oberpfalz); F. Schenk, Bern.

Fig. 209.



Reform-Pendelsitz.

Die meisten der genannten Systeme haben die Eigenthümlichkeit, dass der Klappsitz, sobald er nach rückwärts gelegt ist, um einige Centimenter in den Sitzraum, also über die Fläche der Lehne hinaus vorragt, und es ist die Gefahr nicht ganz ausgeschlossen, dass die Kinder, wenn sie rasch wieder Platz nehmen wollen, sich auf die nach oben ragende Sitzkante niederlassen und verletzen. Dieser Uebelstand ist an den Subsellien von Vogel in Düsseldorf durch eine höchst geistvolle Abänderung des Drehmechanismus der Einzelsitze verhindert. Der Sitz dreht sich um eine tiefliegende Axe, jedoch so, dass er gleichzeitig um eine höher angebrachte Stange nach hinten rotirt und völlig senkrecht gestellt wird, wie die Fig. 210 veranschaulicht.

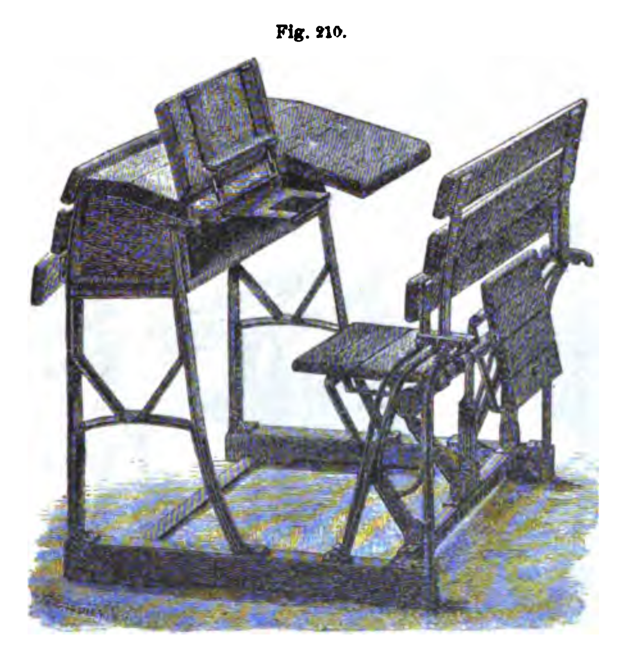
Ueberdies wird durch diesen Mechanismus die Möglichkeit, dass ein hinter dem Klappsitze sitzendes Kind von demselben beim Zurückschlagen am Schienbein verletzt wird, eine Gefahr, welcher die voranstehend angeführten Subsellien nur durch Hemmvorrichtungen ausweichen können, völlig vermieden.

Im Uebrigen sind die Vogel'schen Subsellien aus Schmiedeeisen construirt und mit getheilter oder ungetheilter Tischfläche versehen.

Erwähnenswerth ist noch, dass Vogel in seiner Schulbank durch eine Stellvorrichtung die Kreuzlehne vorn verschiebbar gemacht und unter dem umzulegenden Theile des Klapptisches ein Nadelkissen angebracht hat, welches herauszuziehen ist.

Bei einer anderen Construction Vogel's ist die Kreuzlehne mit Charnieren an der Bank befestigt; sie wird einfach nach vorn umgelegt, wenn der Schüler schreiben soll, und ruht, um dem durch

Fig. 210.



System Vogel.

den Schüler auf sie ausgeübten Druck zu widerstehen, auf entsprechenden Flächen der Seitenwangen.

Subsellien mit Klappsitzen.

Die Klappsitze unterscheiden sich von den Pendelsitzen dadurch, dass der Drehpunkt unmittelbar unter der Sitzfläche liegt. Die Bewegung des Sitzes geschieht entweder automatisch, indem der Sitz entweder durch eine Federvorrichtung oder durch den weit nach hinten liegenden Schwerpunkt aufgerichtet wird, oder es muss dies mit der Hand geschehen. Auf letztere Art wird der Sitz auch wieder in die wagerechte Lage gebracht. Von den Subsellien mit Klappsitzen, die sich aber nicht grosser Beliebtheit und Verbreitung erfreuen, nennen wir folgende:

Lickroth & Co. (Dresden). Die Construction des Sitzes ist aus

Fig. 211 ersichtlich. Im Uebrigen gleichen die Bänke denjenigen, die von derselben Firma mit Pendelsitzen geliefert werden.

Bei Spohr & Krämer (Frankfurt a. M.) ist der Sitz um eine horizontale Axe auf einer eisernen Stange beweglich, und zwar so, dass jedes Kind seinen eigenen Sitz hat. Der Sitz ist mit einer Federvorrichtung versehen, so dass er sich von selbst aufrichtet, sobald das Kind den Sitz verlässt.

Klappsitze, die aber besondere Eigenthümlichkeiten nicht auf-

Fig. 211.



Vordertisch (mit Einzelaufschlagplatte) — Mittelbank (mit durchlaufender Aufschlagplatte) — Hinterbank

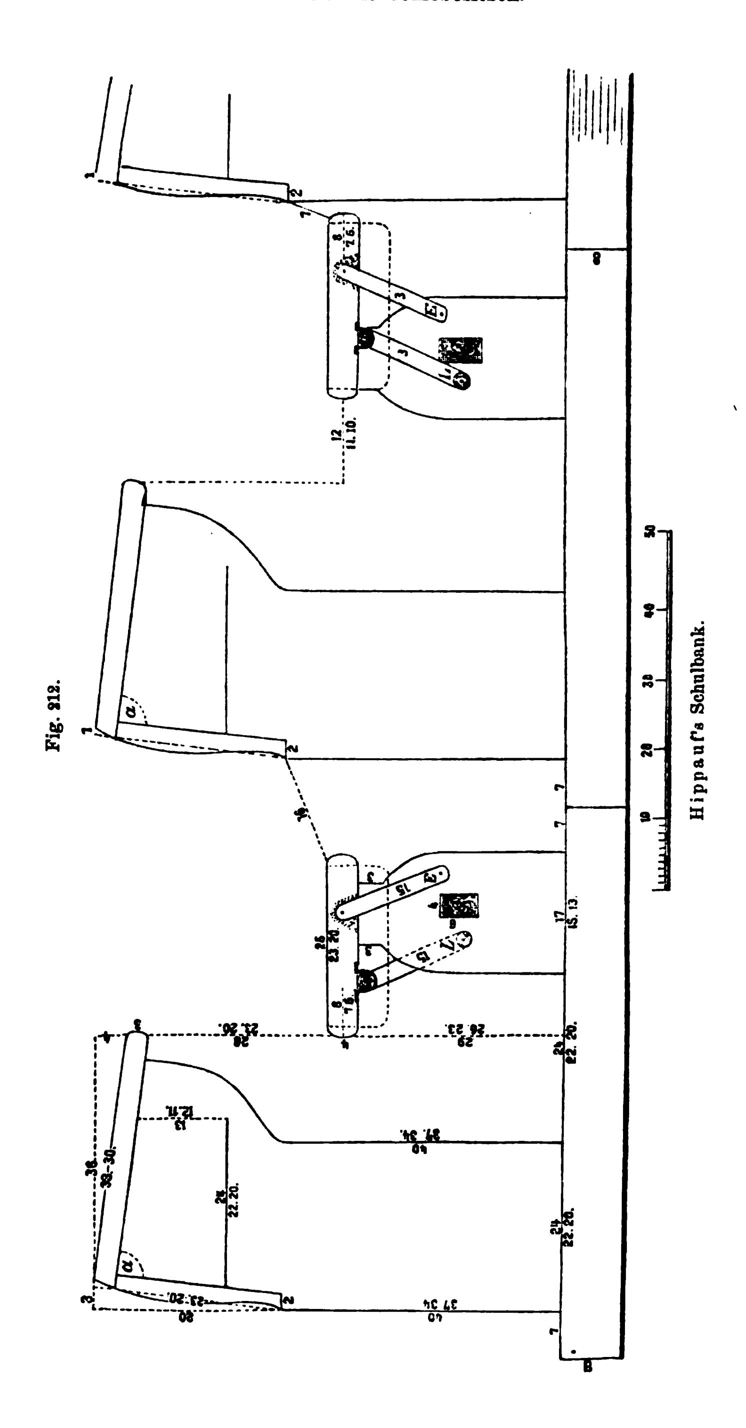
Schulbank mit Klappsitzen von Lickroth (Dresden).

weisen, sind ferner construirt von Bollmann (Cassel), Elsässer (Schönau), nur für Hörsäle.

Subsellien mit Schiebesitzen.

Die Schulbank von Hippauf (Ostrowo) gestattet mittelst einer Hebelvorrichtung eine Verschiebung der Sitzplatte von vorn nach hinten um eine horizontale Axe. Die radiale Bewegung der an den Seitenwangen befestigten Eisenschienen und des Sitzbrettes gestattet nur eine vordere und eine hintere Sitzlage, aber keine Zwischenstationen. Bei Vorwärtsstellung des Sitzes ist Null-Distanz, in neuerer Zeit auch Minus-Distanz, bei Rückwärtsstellung eine Plus-Distanz

Fig. 212.



Hippauf's Schulbank.

von 10—12 cm vorhanden. Bei Minus-Distanz gestattet das Subsellium durch einen hinter der Sitzbank befindlichen Zwischenraum von 18—20 cm Tiefe dem Lehrer, hinter den Schülern während des Schreibens behufs Besichtigung der Arbeiten hindurchzugehen, gestattet auch einzelnen Schülern, rückwärts über die Bank herauszutreten, ohne die Nachbarn zu stören. Die Subsellien sind in drei Grössen ausgeführt nach Maassen, welche sich aus der Zeichnung ergeben. In der Schreibstellung erreichen die Kinder die Lehne nicht; dieselbe ist eine durchlaufende, mit leichter Wölbung in der Kreuzgegend. Gegenüber dieser ersten Construction hat Hippauf an seinem System noch folgende Aenderungen vorgenommen: Das ganze Sitzbrett, das sich bisher nur vor- und rückwärts bewegen liess, kann nun auch noch aufgeklappt und zurückgelegt werden. Dadurch wird eine erweiterte Plus-Distanz von 16 cm gewonnen, geeignet für längeres, bequemes Stehen und zur Vornahme turnerischer Freiübungen. An der Sitzbank ist eine Kreuzlehne angebracht, die derartig gestaltet ist, dass sie bei Minus-Distanz hochgestellt, bei Plus-Distanz niedergelassen und endlich vor Aufklappen der Sitzplatte, um derselben kein Hinderniss zu bieten, gänzlich ausgehoben und hinter die Sitzbank gelegt werden kann. Durch diese Neuerung mit der Kreuzlehne sind aber, wie ersichtlich, so umständliche Manipulationen nothwendig, dass die Benutzung der Bank erschwert wird.

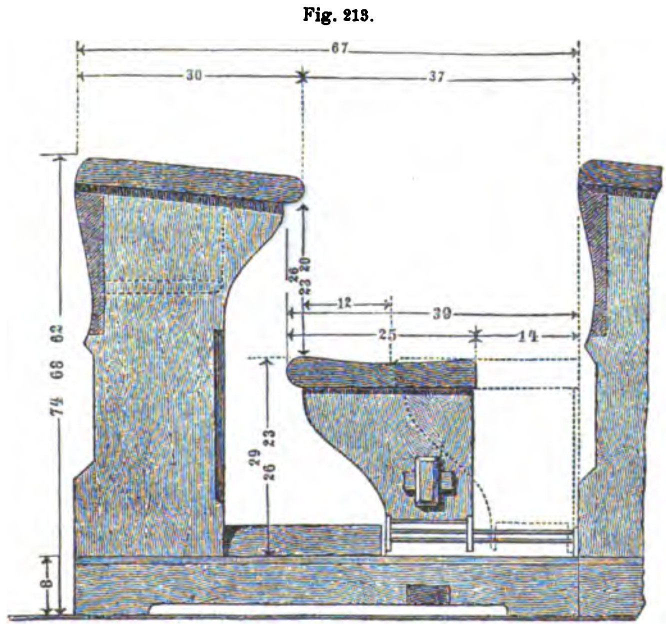
Die Schulbank von Beyer (Breslau) ist mehrsitzig. Die Sitzbank ruht mit den Seitenwangen auf Eisenstangen, die von vorn nach hinten laufen, und ist auf diesen verschiebbar. Sie wird durch Vorziehen nach vorwärts zur Minus-Distanz von 5 cm oder durch Abstossen nach rückwärts zur Plus-Distanz von 14 cm bewegt. Eine Abänderung der Construction zeigt, dass durch den gleichen Mechanismus nur die Sitzplatte (also nicht die Seitenwangen des Sitzes) verschoben werden. Bei diesem Subsellium liegt es in der Hand der Schüler, ob sie die Sitzbank vollständig nach vorn bezw. nach hinten schieben wollen oder nicht, da eben Zwischenstationen möglich sind. Diese Veränderungen verursachen grosses Geräusch. Da die Sitzbank in ihrer jeweiligen Lage nicht festgestellt ist, so wird sie zu Verschiebungen und damit zu Störungen des Unterrichts Anlass geben.

Die Schulbank von Klix (Reichenbach i. Schles.) ist mehrsitzig. Die Sitzbank ist im Ganzen verschiebbar, und zwar befinden sich unter den Seitenwangen der Bank Rollen, die auf eisernen, auf der Bankschwelle angebrachten Schienen laufen. Die Bewegung der

Bank ist nur dann möglich, wenn ein an der Stirnwand befindlicher Hebel niedergedrückt wird, der auch die Feststellung der Sitzbank in beliebiger Zwischenstation ermöglicht. Der Mechanismus functionirt sehr geräuschvoll.

Den drei genannten Systemen (Hippauf, Beyer, Klix) ist gemeinsam der Gang, der hinter der Sitzbank entsteht, wenn diese sich in Minus-Distanz befindet. Bei diesen Systemen ist aber der Uebelstand vorhanden, dass die Veränderungen der Sitzbanklage

Fig. 213.



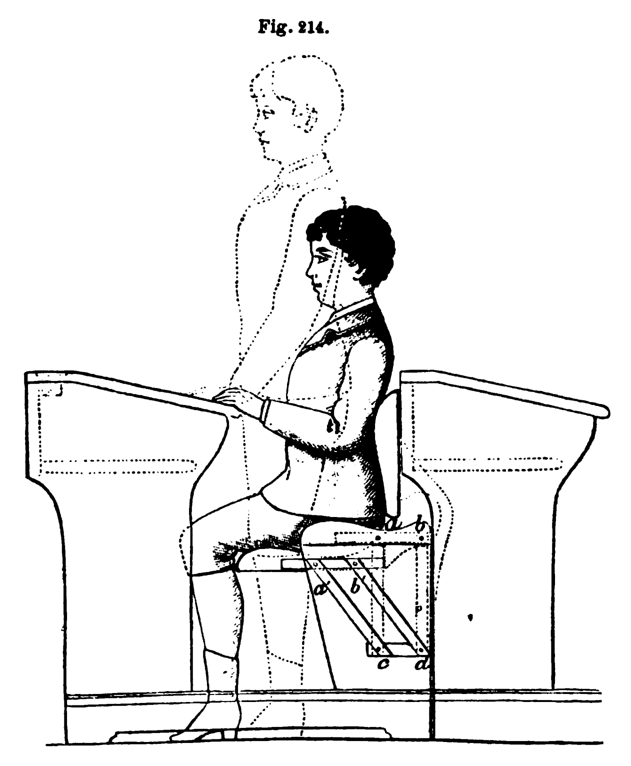
Beyer's Bank.

nur durch ein gleichzeitiges Eingreifen mehrerer Schüler bewerkstelligt werden können und nur dann möglich sind, wenn sämmtliche Schüler der Bank aufgestanden sind. Man ist darum auch bei den Schiebesitzen zu Einzelsitzen übergegangen.

Die Subsellien von Scheiber & Klein (Wien) (Fig. 214) haben feste Tischplatte und automatisch beweglichen Einzelsitz. Wenn das Kind sich setzt, geht der Sitz um 10—12 cm vor, so dass Null- oder auch Minus-Distanz entsteht. Wenn das Kind aufsteht, so geht der Sitz selbst in seine frühere Lage zurück. Die Sitzebene ruht auf den oberen horizontalen Seiten zweier eiserner Rechtecke a b c d. Die unteren horizontalen Seiten derselben c d sind

an den Seitenwangen der Bank festgeschraubt. Die senkrechten Seiten laufen in Axen, damit der Sitz sich nur nach vorwärts oder rückwärts bewegen kann. Wenn der Sitz in Benutzung ist, so ruht er auf einem Verbindungsholze zwischen den Seitenwangen und hat damit einen festen Stützpunkt. Damit der Sitz, wenn das Kind aufsteht, von selbst in seine ursprüngliche Lage zurückgeht, ist unter demselben eine Spiralfeder angebracht, welche ihn von selbst wieder zurückschiebt.

Fig. 214.



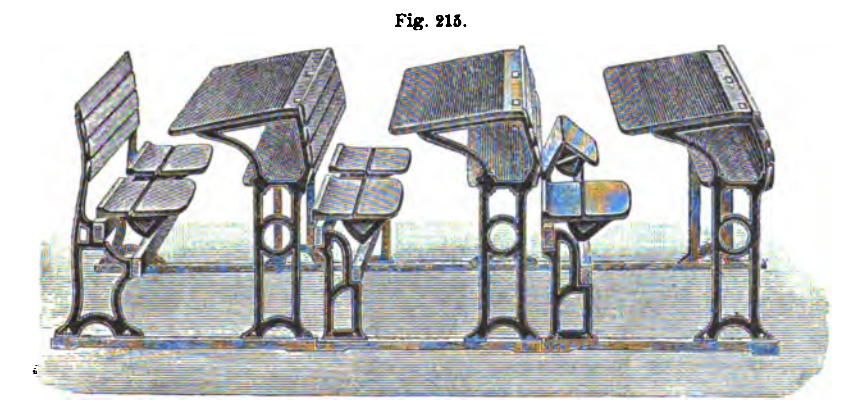
Schulbank von Scheiber & Klein.

Bei dem Subsellium von Wackenroder (Wien) besteht der Sitz aus zwei über einander liegenden Platten, von denen die obere in einer Führung läuft und beim Aufstehen durch den Druck der Schenkel nach hinten geschoben wird, während sie für das Niedersetzen mit der Hand vorgezogen werden muss.

Die Schulbank von Menzel (Osterburg i. d. Altmark) hat Einzelsitze, die auf Walzen beweglich sind und eine Minus-Distanz von 1—2 cm und eine Plus-Distanz von 11—16 cm herstellen lassen.

Eine eigenartige Construction des Sitzes zeigt die Schulbank „Columbus“ (Kapferer in Freiburg-Oberpfalz und C. Anselm in Salmünster-Soden). Die Einzelsitze bestehen der Länge (s. Fig. 215) nach aus zwei durch sehr starke Hanfgurte mit einander gelenkartig verbundenen Theilen. Die hintere Hälfte des Sitzes ist an ihrer der Rückenlehne zugekehrten Seite mit dem Untergestell durch zwei kräftige Charniere verbunden. Sitzt der Schüler auf dieser Bank, so ist Minus-Distanz von 2—3 cm vorhanden. Steht der Schüler auf, so schiebt sich der Sitz, dem Druck des Beines folgend, zurück, so dass sich die beiden Theile des Sitzes schräg zu einander aufstellen; es entsteht auf diese Weise eine Plus-Distanz von 10 bis

Fig. 215.



Schulbank „Columbus“.

14 cm, zu welchem Zwecke aber der Sitz in der eben beschriebenen Lage durch den Druck der Kniekehlen erhalten werden muss. Beim Niedersetzen nimmt das Sitzbrett in Folge des Eigengewichtes selbstthätig wieder die Ruhelage ein. Das hintere Pult bildet die Lehne für die vorstehende Bank.

Subsellien mit Drehsitzen.

Das System Hub. Vandenesch (Eupen) (Fig. 216 und 217) bildet den Uebergang zu dem freien Stuhl- oder Schemelsystem, indem es jedem Kinde einen ellipsenförmigen, um eine senkrechte Axe (in einer Metallbüchse um einen Drehdorn) drehbaren Sitz bietet bei fester Pultplatte. Zwischen je zwei Sitzen befindet sich ein Zwischenraum von 23—31 cm, hinter jedem Sitze ein Gang von 15—17 cm

Breite. Die normale Sitzstellung I bietet dem Schüler eine Minus-Distanz von 2 cm, die Stellung II Plus-Distanz für das ungehinderte Stehen, die Stellung III Null-Distanz für das freie Aufrechtsitzen. An der nächstfolgenden Bank befindet sich eine Kreuzlehne,

Fig. 216.

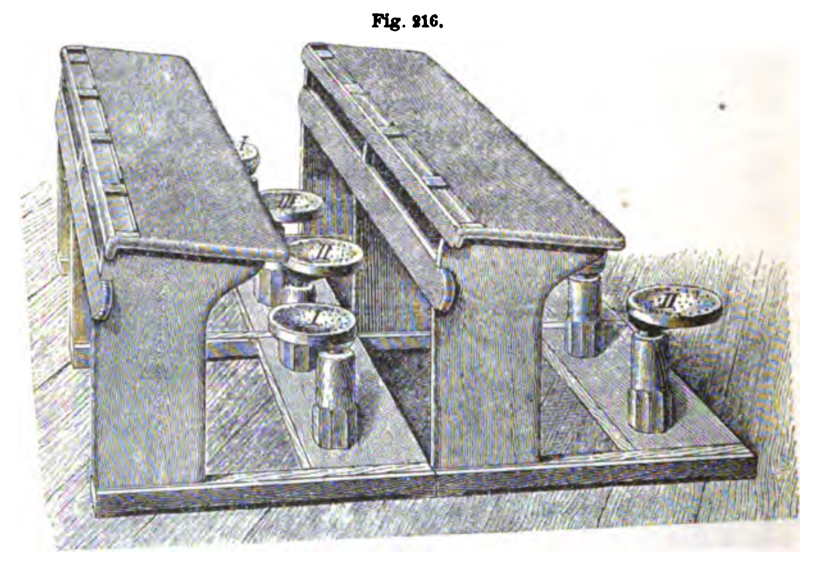
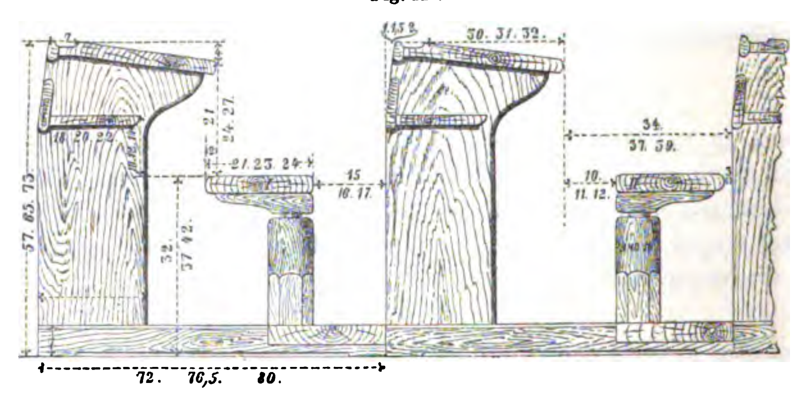


Fig. 217.



System Vandenesch.

die aber nur bei Plus-Distanz benutzt werden kann, wo sie natürlich von geringem Nutzen ist. Später ist dann auf den Vorschlag von Kreutz zur Stützung des Rückens beim Schreiben noch eine zweite verschiebbare Rückenlehne direct an der Hinterseite des Schemelfusses angebracht. Ist der Sitz nach vorn gedreht, so wird die

Lehne in die Höhe geschoben; während der Schreibpausen wird sie herabgelassen. Indess ist durch diese Lehne der Gebrauch dieses Systems noch umständlicher geworden.

Ein Subsellium mit drehbarem Schemel hatte auf der Pariser Ausstellung Happel ausgestellt und behufs Geradhaltung der Kinder an der niederen Tischkante eine 9 Zoll hohe Holzscheibe angebracht.

Subsellien mit Einzelstühlen.

Das natürlichste Mittel, eine veränderliche Distanz herzustellen, ist die Verwendung gewöhnlicher, frei beweglicher Stühle in gleicher Weise, wie wir sie zu Hause gebrauchen. Jede Distanz ist mit Leichtigkeit herzustellen. Jedem Schüler kann ohne Schwierigkeit ein Sitz von solchen Dimensionen geboten werden, wie er ihn individuell benöthigt. Die Reinigung des Fussbodens ist erleichtert, da die Stühle leicht zur Seite gestellt werden können. Der Kostenpreis ist gering. In gewissen Stunden, z. B. im Physik- und Chemieunterricht, wo es im Interesse des Unterrichts liegt, die Kinder möglichst nahe den Objecten zu haben, können sich die Schüler in die Nähe des Lehrerpultes setzen, nachdem die Tische nach hinten zusammengeschoben sind. Diesen Vortheilen stehen aber auch schwerwiegende Nachtheile gegenüber. Die beweglichen, leichten Stühle können leicht verschoben werden, so dass durch das Hin- und Herrücken während des Unterrichts Störungen entstehen. Das Geräusch wird auch dann nicht ganz unterbleiben, wenn, wie vorgeschlagen ist, die Stuhlbeine an ihren Standflächen mit Linoleum bekleidet werden. Das Aufstehen in Minus-Distanz ist schwierig; namentlich ist für kleinere Schüler die richtige Benutzung der Stühle mit grossen Unbequemlichkeiten verbunden.

Besonders trat Prauseck für freie Sessel hinter gewöhnlichen feststehenden Pulten ein, ebenso Suck für den Schulstuhl; auch Schulthess construirte für den Handarbeitsunterricht der Mädchensecundarschule in Zürich eine besondere Bestuhlung, an der uns die eigenthümlich geformte Sitzplatte und die etwas stark nach hinten geneigte Lehne auffallen (s. p. 557 ff.). Auch Cohn meint, dass der frei bewegliche Stuhl das natürlichste und beste Möbel sei, glaubt aber, dass sich derselbe wegen des Geräusches nicht bei uns einführen werde. Nach Prauseck sollen die Stühle fest gebaut, mit Kreuzschulterlehne versehen sein und in der nach vorn geradlinigen

holzumrahmten Sitzplatte ein Rohrgeflecht oder hölzerne geschweifte Schienen enthalten.

Zur vollständigen Durchführung des beweglichen Stuhl- oder Schemelsystems ist es in einem von Vogdt (Potsdam) construirten Subsellium gekommen. Leisten auf dem Fussboden zwischen je zwei benachbarten Sesseln verhindern, dass letztere seitlich verschoben werden. Ausserdem ist auch zwischen Vorder- und Hinterbeinen des lehnenlosen Schemels eine Leiste vorgesehen, die ein zu weites Vor- oder Rückwärtsschieben des Stuhles nicht zulässt, indem bei der vorderen Stellung des Schemels — Minus-Distanz — die Hinterfüsse, bei der hinteren Stellung — Plus-Distanz — die Vorderfüsse an diese Leiste anstossen. Die Lehne wird durch das nächstfolgende Pult gebildet; beim Schreiben ist dieselbe nicht zu benutzen. In der vorderen Stellung der Sessel ist zwischen diesem und dem dahinter stehenden Pult ein Gang, in welchen der Lehrer eintreten kann, um die Arbeiten der Schüler zu beaufsichtigen.

Aehnliche Subsellien mit frei beweglichem Stuhl sind überdies von Degeorge (Architekt der École Monge), von Belot fils in Brüssel und von Wolff und Weiss in Zürich hergestellt worden.

Bei der Beurtheilung des Werthes der beweglichen Sitze kommen folgende Gesichtspunkte zur Berücksichtigung.

Pendelsitze, also Sitze mit tiefliegendem Drehpunkt, ermöglichen ein leichtes Aufstehen. In Folge der tiefen Lage des Drehpunktes ist nur eine geringe Kraftäusserung nothwendig, den Sitz in die vordere oder hintere Lage zu bringen. Beim Aufstehen kann der Schüler durch eine kleine Bewegung seiner Beine den Sitz von selbst zurücklegen, ohne sich der Hände bedienen zu müssen. Zum Niedersetzen ist es aber nothwendig, dass der Sitz mit den Händen nach vorn bewegt wird. Steht der Sitz hoch, so sollte er niemals über die Lehne hinaus in den Sitzraum vorragen, weil sonst die Schüler beim schnellen Niedersetzen sich auf der Kante des Sitzes verletzen können. Beim Zurückschlagen darf der Sitz nicht zu weit unter den dahinter stehenden Tisch reichen, weil er sonst die Beine der dort sitzenden Schüler treffen kann. Die Bewegung des Pendelsitzes verursacht nicht selten Geräusch, theils durch die Reibung im Drehpunkt, theils durch das Anschlagen der Sitzstützrahmen an die Arretirungspunkte; allerdings ist das Bemühen der Fabrikanten darauf gerichtet, diese Uebelstände nach Möglichkeit zu beseitigen. Ein grosser Mangel der Sitze mit tiefliegendem

Drehpunkte besteht darin, dass sie die Reinigung des Fussbodens erschweren.

Wenn Klappsitze, also Sitze mit hochliegendem Drehpunkte, nicht automatisch beweglich sind, so ist es den Unterschenkeln unmöglich, den Sitz zurückzuschlagen, so dass hierzu stets die Hand gebraucht werden muss. Liegt der Drehpunkt am hinteren Ende des Sitzes, so macht letzterer beim Zurückschlagen eine so steil aufsteigende und grosse Drehung, dass nicht allein sein Zurückschlagen mit den Unterschenkeln unmöglich ist, sondern ein förmliches Hohlbeugen des Rückens dabei nothwendig wird, wenn nicht das Kind gar zur Seite bezw. aus der Bank heraustreten muss. Liegt der Drehpunkt in der Mitte des Sitzes, so ist nur eine geringe Plus-Distanz zu erzielen. Aber auch die automatische Bewegung, sei sie durch Federn, sei sie durch Lagerung des Schwerpunktes weit nach hinten in der Sitzplatte erzeugt, ist nicht empfehlenswerth, da bei jeder Körperbewegung das Kind in Furcht ist, dass der Sitz sich hebt und zurückschlägt. Dies unruhige Sitzen ist allen von den in gleicher Weise beweglichen automatischen Klappsitzen der Theater bekannt. Federn erfordern aber wegen ihrer Zerbrechlichkeit häufige Reparaturen. Das durch die Bewegung erzeugte Geräusch ist nur gering. Die Reinigung des Fussbodens ist wegen des hochliegenden Drehpunktes wenig erschwert.

Schiebesitze ermöglichen die Herstellung der Plus-Distanz auf leichte Weise dadurch, dass der Sitz mit den Kniekehlen zurückgeschoben wird. Bei den meisten Systemen verharrt nun der Sitz von selbst in dieser Lage; dagegen muss bei der Schulbank „Columbus“ der zusammengeschobene Sitz in seiner Lage dadurch erhalten werden, dass mittelst der Beine ein Druck gegen denselben ausgeübt wird, was auf die Dauer eine Belästigung der Kniekehlen verursachen muss. Am zweckmässigsten ist für die Schiebesitze die automatische Bewegung, da es sonst vorkommen kann, dass die Kinder das völlige Vorziehen des Sitzes unterlassen und nur auf dem vorderen Theile desselben sitzen.

Die Drehsitze gestatten zwar die Herstellung jeder beliebigen Distanz, aber die leichte Drehung des Sitzes wird stets die Gefahren involviren, dass die Kinder nutzlose und ungeeignete Drehbewegungen vornehmen und in fehlerhafter Schemelstellung zum Schreiben übergehen; bei irgendwie unpassender Differenz würden aber alsdann solche Schulbänke zu directen Verkrümmungsmaschinen werden, wie sich Jedermann nach den gegebenen Beschreibungen leicht klar machen

kann. Ein grosser Nachtheil ist ausserdem noch, dass die Lehne beim Schreiben nicht benutzt werden kann. Die bei dem System Vandenesch vorgeschlagene zweite Lehne erhöht nur die Schwierigkeit der Benutzung.

Bezüglich der Stühle und Sessel sind die Vorzüge und Nachtheile bereits hervorgehoben. Sie würden bei einer kleinen Schülerzahl, welche leicht zu übersehen wäre und bei welcher über die jedesmalige Stellung des Stuhles zum Tisch genaue Controle geübt werden könnte, nicht tadelhaft sein. Für grössere Schulen sind dieselben nicht durchführbar.

Der grösste Theil dieser Subsellien mit beweglichen Sitzen ist so eingerichtet, dass das Sitzen nur bei Minus-Distanz möglich ist, z. B. Pendelsitze, Klapptische und einige Schiebesitze. Wenn der Sitzraum nun eng ist, d. h. wenn die Lehne nicht weit vom vorderen Tischrande absteht, so kann beim Schreibsitzen die Lehne benutzt und eine normale Schreibhaltung eingehalten werden; aber die Kinder müssen auch während der Schreibpausen, also beim freien Aufrechtsitzen, immer in Minus-Distanz bleiben. Dies ist eine Zwangslage, die während des ganzen Unterrichts einzunehmen zu ermüdend wirkt. Ist der Sitzraum weit, so rückt das Kind beim Schreiben auf der Sitzfläche nach vorn, benutzt nur einen Theil derselben und verringert dadurch nicht nur die Grösse der Unterstützungsfläche seines Körpers, sondern vermag auch die Lehne nicht zu benutzen. Die für diesen Zweck geschaffenen Hilfslehnen, die sich an einzelnen Systemen vorfinden, bieten bei ihrer Verwendung so grosse Umständlichkeiten, dass sie als wenig brauchbar bezeichnet werden müssen. — Bei anderen Systemen sind die Sitze derart beschaffen, dass das Sitzen ausser in Minus-Distanz auch in Plus-Distanz möglich ist, wobei letztere so gross genommen wird, dass das Kind nun in dem Distanzraum bequem stehen kann. Sitzt der Schüler in derartigen Bänken in Minus-Distanz, so ist zwar der Tisch nahe gerückt, aber die Lehne ist nicht zu erreichen. Sitzt das Kind in Plus-Distanz, so kann es sich wohl anlehnen, aber der Tisch ist so weit entfernt, dass er beim freien Aufrechtsitzen das längere Auflegen der Hände nur unter grosser Anstrengung ermöglicht. — Die Herstellung der drei erwünschten Stationen, nämlich einer für das Schreibsitzen, einer für das freie Aufrechtsitzen und einer für das Stehen, ist nur bei einigen Schiebesitzen, den Drehsitzen und den Stühlen möglich; aber häufig kann die Lehne nur in einer Sitzposition benutzt werden, was nicht zu billigen ist.

Vielfach ist auch darauf hingewiesen, dass es bei den beweglichen Sitzen nicht in der Hand der Schüler liegen soll, bis zu welchem Grade sie die Bank nach vorn oder nach hinten verlegen wollen, weil es sonst geschehen könne, dass die Kinder z. B. für das Schreiben den Sitz nicht weit genug nach vorn legen und daher in Plus-Distanz sitzen; der Mechanismus der Sitze solle so eingerichtet sein, dass er nur in der geforderten Lage Ruhestellung gewähre, sonst aber nicht; Zwischenstationen sollen ausgeschlossen sein. Diese Absicht hat ihre Berechtigung; aber man kann sich, wie die vorangehenden Ausführungen gezeigt haben, vom hygienischen Standpunkte mit ihr nur dann einverstanden erklären, wenn durch die beweglichen Sitze die geforderten drei Stationen unter gleichzeitiger Benutzung der Lehne bei jedem Sitzen herzustellen sind, allerdings eine Forderung, die schwer zu erfüllen ist. Wo derselben nicht entsprochen werden kann, wird man den beweglichen Tisch (natürlich nur den Schiebetisch) oder eine Combination des beweglichen Tisches und des beweglichen Sitzes nehmen müssen.

In jeder Lage muss der Sitz so ruhig verweilen, dass Verschiebungen und damit Anlass zu Störungen nicht vorkommen können.

Die Beweglichkeit der Sitzbank muss für den Einzelsitz gefordert werden, damit jeder Schüler möglichst unabhängig von seinen Nachbarn ist. Zweisitzige Subsellien sind natürlich auch hierbei die besten.

Nach den gemachten Ausführungen ist es klar, dass die Frage, ob bewegliche Tische oder bewegliche Sitze vorzuziehen seien, nicht mit der Benennung dieser oder jener Vorrichtung zu entscheiden ist, da jede ihre Vorzüge und Nachtheile hat. Zunächst steht die Thatsache fest, dass von allen Theilen eines Subselliums der Sitz am meisten auszuhalten hat, weil er das ganze Gewicht des Körpers zu tragen hat, weshalb es zweckmässiger erscheint, den Tisch beweglich zu machen. Dem gegenüber kann im Allgemeinen gesagt werden, dass die Technik die Beweglichkeit der Tischplatte bisher nicht so dauerhaft, bequem und geräuschlos hat ausführen können, wie dies für die Beweglichkeit des Sitzes erreicht ist. Diese Mängel an dem Mechanismus der Tischplatte zu beseitigen, kann für die Technik aber keine zu schwere Aufgabe sein.

Subsellien mit beweglichem Sitz und beweglicher Tischplatte.

In dieser Gruppe findet man die verschiedensten Combinationen von Klapptischen oder Schiebetischen mit Pendel-, Klapp- oder Schiebesitzen. Die meisten der grösseren Schulbankfabriken haben derartige Subsellien gebaut, von dehnen bereits erwähnt und theilweise auch abgebildet sind: Schulbank „Columbus“, System Kaiser, System Vogel, System Lickroth.

Fig. 218.



Schulbank „Simplex“.

Ferner sind noch zu nennen die Systeme von Elsässer, Munzinger, Scheiber & Klein und die Schulbank „Simplex“ von F. Schenk (Bern).

Die letztere Schulbank bietet einige Neuerungen, weshalb sie hier noch ausführlicher besprochen werden soll. Beweglich sind Tischplatte, Sitzbrett und Fussleiste, und zwar Tisch und Sitz für jeden einzelnen Schüler besonders, das Fussbrett dagegen nur für die ganze Bank. Der Sitz ist ein Pendelsitz mit dem Drehpunkt in mittlerer Höhe. Das Fussbrett ist um seine Längsaxe bis zu 180° drehbar und kann durch einfaches Umklappen von einer extremen Stellung zur andern in zwei verschiedene Höhenlagen gebracht werden. In der oberen Lage dient es den kleinen Schülern, in der unteren den mittleren, während die grossen Schüler zu dem

gleichen Zwecke den Fussboden benutzen. Durch die Beweglichkeit der Tischplatte, die ein Hochklappen gestattet, soll der Bücherkasten geöffnet oder geschlossen, dann aber auch, was die Hauptsache ist, die Bank für jede beliebige Körpergrösse ohne Weiteres verwendbar gemacht werden. Indem die Tischplatte gegen den Körper des Schülers gezogen wird, senkt sie sich in gleichem Maasse, wie sie sich der Rückenlehne nähert, ohne dabei ihre Neigung von 15° zu verlieren. Wird die Platte nun niedergelassen, so fixirt sie sich von selbst in der gegebenen Lage. Auf dieser Schulbank können also grössere wie auch kleinere Kinder sitzen, ohne dass Aenderungen vorgenommen werden; nur muss das Fussbrett umgelegt und die Tischplatte entsprechend weit vorgeschoben werden. Indess sind die Lehne und der Sitz nicht verstellbar, so dass diese beiden Theile ohne Aenderung für die verschiedenen Grössen der Kinder gebraucht werden müssen; auch gilt das, was hier zu Gunsten der verschiebbaren Tischplatte gesagt ist, von allen Schiebetischen, die beim Verschieben ihre Neigungsebene nicht verändern.

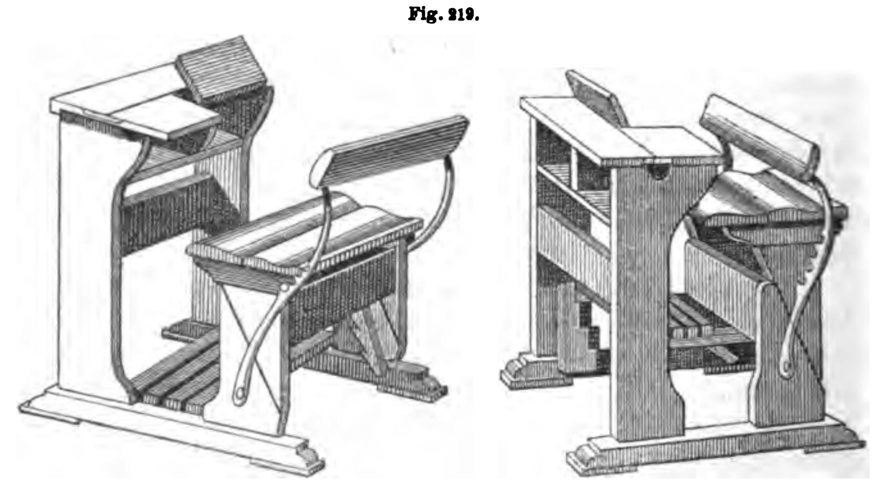
Die Vorzüge und Nachtheile, die den Subsellien mit einem beweglichen Theile eigen sind, vergrössern sich natürlich bei diesen Systemen um so mehr, je grösser die Anzahl der beweglichen Theile ist.

Subsellien, die für jede Körpergrösse verstellbar sind.

Die Körperbeschaffenheit der Schulkinder ist ausserordentlich verschieden; so giebt es Kinder mit dickem oder dünnem Oberkörper (der Lehnenabstand müsste verschieden sein), mit langen oder kurzen Oberschenkeln (daher verschiedene Sitzbreite), mit langen oder kurzen Unterschenkeln (daher verschiedene Sitzhöhe) u. s. w. Dieser Umstand und die Erkenntniss, dass diesen verschiedenen Bedürfnissen nicht durch zwei oder drei Bankgrössen, bei denen die obengenannten Maasse unveränderlich sind, genügt werden kann, ferner die Erwägung, dass dasselbe Klassenzimmer zuweilen an einem Tage von Kindern verschiedenen Alters besetzt wird, zu welchem Zwecke doch nicht die Bänke umgewechselt werden können, haben dazu geführt, Subsellien zu construiren, die für jede Körpergrösse verstellbar sind. Eine solche Schulbank kann dem Kinde gewissermassen auf den Leib gepasst und dem Wachsthum entsprechend verändert werden. Wenn nur ein und dasselbe Kind die

Schulbank benutzt, so sind Aenderungen in der Stellung der einzelnen Banktheile vielleicht halbjährlich vorzunehmen. Sofern aber Kinder verschiedener Grösse dieselbe Schulbank vielleicht in aufeinander folgenden Stunden benutzen sollen, müssen die Veränderungen leicht und sicher von Kindern auszuführen sein. Indessen wird dieser Fall weit seltener eintreten als der erstere, wo dann der Lehrer zu Anfang jedes Halbjahres diese Anpassung besorgt. Wenn dann an diesen Systemen noch die Vorrichtungen zur Distanzverwandlung den gestellten Anforderungen entsprechen, wenn

Fig. 219.



Schulbank von Pedersen.

der Mechanismus dauerhaft und einfach ist, und wenn der Preis sich nicht zu hoch stellt, so wäre damit das Ideal der Schulbänke geschaffen.

Subsellium von Pedersen (Kopenhagen) (Fig. 219). Die rechteckigen Bankfüsse sind in der Diagonale getheilt, so dass der obere Theil des Bankfusses auf dem unteren festen Theile, dessen oberer Rand eine schiefe Ebene bildet, verschiebbar ist. Wenn der Sitz erhöht wird, so wird in automatischer Weise gleichzeitig die Distanz verringert, die Sitzbreite verkleinert und die Lehnenhöhe vermindert. Alles dies geschieht mit Hilfe des Gestelles, welches die Lehne trägt und unten an dem festen Theil der Seitenwangen des Sitzes befestigt ist und zwar so, dass es um seinen Befestigungspunkt drehbar ist. Indem vorspringende Zapfen der Sitzbank in die Zacken des Gestelles eingreifen, erfolgen diese Veränderungen entsprechend

den Grössenverhältnissen der Kinder, welche die Bank benutzen sollen. Das Einstellen der Bank soll ziemlich leicht von Schülern besorgt werden können, so dass die Bank gestattet, dasselbe Klassenzimmer zu verschiedenen Tageszeiten von verschieden grossen Kindern zu besetzen. Indessen erscheint es fraglich, ob der Mechanismus dauerhaft ist. Die von einander abhängige Veränderung der einzelnen Maasse gestattet, die Bank nur dem Normalkinde, aber nicht den individuellen Körperformen der einzelnen Kinder anzupassen.

Schulbank von Döring (Witzhausen). Sitz und Tisch sind vertical verstellbar, d. h. höher und niedriger zu stellen. Zu diesem Zweck haben beide doppelte Wangen. Mittelst einer Schraube, die in dem inneren Seitentheile eingelassen ist und durch einen Spalt des äusseren Seitentheiles greift, kann die innere Wange und mit ihr die Bank bezw. der Tisch in jede beliebige Höhe gebracht werden. Da noch zwei Leisten des einen Seitentheiles in zwei Nuten des andern greifen, so ist vollständige Stabilität erreicht. Die Lehne ist gleichfalls durch Schrauben in horizontaler Richtung zu verstellen, wodurch die Breite der Sitzfläche regulirt wird. Die Pultplatte ist in ihrem vorderen Theile umklappbar und bildet ein Lesepult. Gleichfalls verstellbar ist das Fussbrett, ein hölzerner Rost.

Auf ähnlichem Princip beruht ein schwedisches Subsellium von Sandberg, bei welchem aber nur der Sitz, und zwar durch eine Steckelvorrichtung, und das Fussbrett in der Höhe verändert werden können.

Munzinger (Kaiserslautern). Tisch, Sitz und Lehne sind verstellbar. Der Mechanismus ist aus Fig. 220 leicht zu erkennen.

In ähnlicher Weise ist die Verstellbarkeit ausgeführt bei den Systemen von

Spohr & Krämer, Gaul, Hauss & Hinklein.

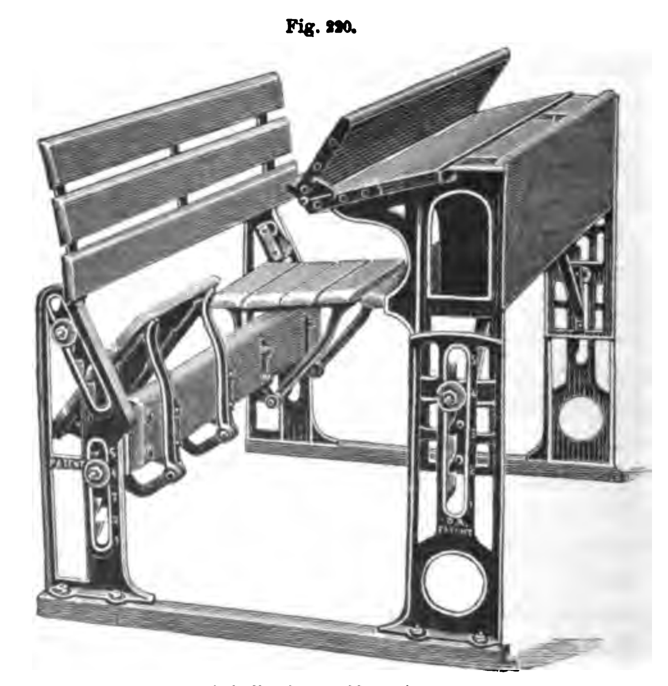
Subsellien mit Reclinationssitzen.

Als eine besondere Gruppe müssen noch diejenigen Subsellien betrachtet werden, bei welchen sich das Kind beim Schreiben in Reclinationslage befindet. Ueber die bequeme Haltung des Körpers in dieser Stellung ist bereits oben ausführlich gesprochen. Die stark nach hinten geneigte Lage des Körpers erfordert aber für

das Schreiben eine grössere Annäherung des Pultes an das Auge oder, was dasselbe bedeutet, eine grössere Minus-Distanz, wenigstens 7 cm.

Felix Schenk in Bern (s. Fig. 221) hat als erster dies Princip in seinen Subsellien zur Ausführung gebracht. Der Sitz hat eine Neigung von 10°, die Rückenlehne eine solche von 15° nach hinten. Das Tischbrett überragt, wenn es zum Schreiben hochgezogen ist, die Bank um 12 cm; ist es heruntergelassen, so ist eine Plus-Distanz

Fig. 220.



Schulbank von Munzinger.

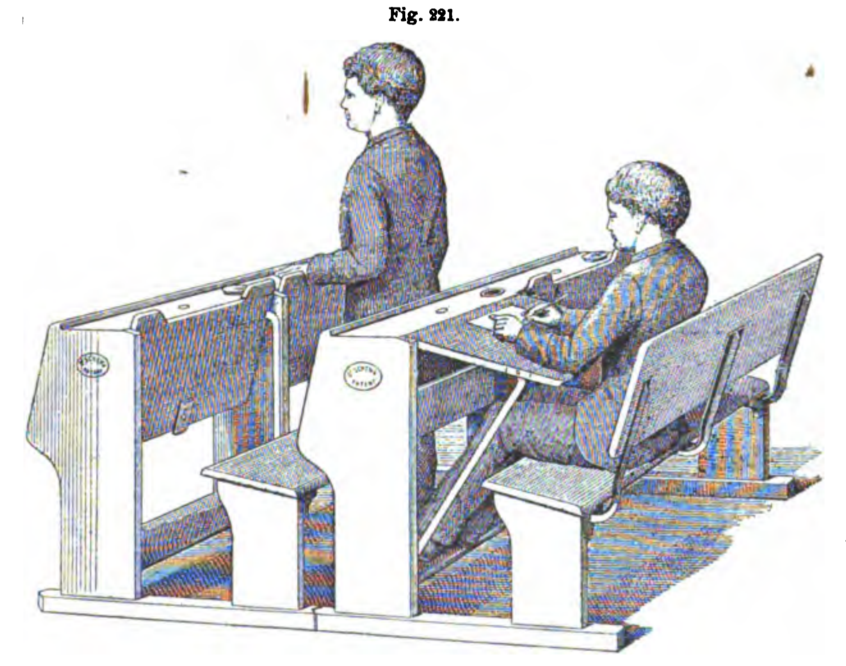
von 18 cm vorhanden. Will der Schüler aus der Minus-Distanz in die Plus-Distanz übergehen, so wird durch Druck auf einen Knopf die Fixirung der Pultplatte gelöst, so dass letztere nun mit ihrem von dem Schüler entfernten Rande in einer Führung nach unten sinkt, während gleichzeitig der vordere Rand der Tischplatte sich dem festbleibenden Theil des Pultes nähert, bis endlich die Schreibplatte in fast senkrechter Lage stehen bleibt.

Auf die Anregung von Lorenz-Wien, dem wir auch in den nachstehenden Beschreibungen folgen, sind dann noch folgende Systeme umgebaut bezw. neu construirt.

Wackenroder. Die hohe Rückenlehne ist 10° nach rückwärts geneigt und hat einen kräftig vorspringenden Lendenbauschen. Die Pultplatte ist fest und um 10° stärker geneigt als bei dem ursprünglichen System. Die Beweglichkeit des Sitzes, der sonst unverändert geblieben ist, ist so gross, dass eine Minus-Distanz von 7 cm entsteht. Die Plus-Distanz ist für das Stehen ausreichend.

Scheiber & Klein. Der Sitz ist unverändert geblieben. Die Pultplatte ist stark geneigt und verschiebbar gemacht. Minus-

Fig. 221.



Schulbank von Schenk.

Distanz 11 cm. Während der Schreibpausen wird die Pultplatte zurückgeschoben; dann ist die Distanz = 0. Beim Aufstehen bewegt sich auch der Sitz nach rückwärts, so dass eine Plus-Distanz von 11 cm entsteht. Die Lehne ist eine Schulterlehne, die um 20° nach rückwärts geneigt ist.

Kretschmar-Wien. Der Sitz ist etwas nach hinten abfallend, die Lehne mit kräftigem Lendenbauschen um 11° nach rückwärts geneigt. Schiebetisch. Die Pultplatte hat eine Neigung von 20°. Plus-Distanz 10 cm, Minus-Distanz 7 cm.

Küffel-Wien. Nur die Tischplatte ist verschiebbar. Sie be-

steht aus einem vorderen festen und einem hinteren gegliederten Theile. Letzterer ist aus genau an einander passenden Latten hergestellt, welche sowohl unter sich als auch mit der festen Pultplatte durch vier in Bohrcanälen verlaufende dünne Drahtseile fest verbunden sind. Der gegliederte Theil der Platte wird beim Zurückschieben über die knieförmig gebogene Führung nach abwärts bewegt und kommt an eine die Hinterwand des Bücherfaches bildende Verschalung zu liegen. Nur wenn die Platte ganz vorgezogen ist, wird das Tintenfass durch eine in der Platte befindliche Oeffnung zugänglich. Die Rückenlehne ist 15° nach rückwärts geneigt.

Die Beurtheilung des Sitzens in Reclinationslage vom hygienischen Standpunkte aus ist bereits p. 557 geschehen.

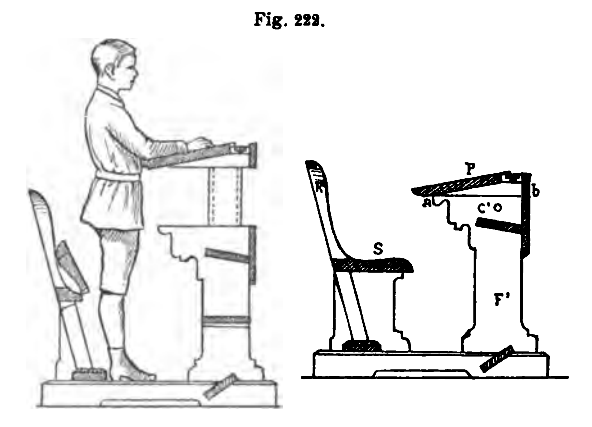
Subsellien für Steharbeit.

Ein grosser Theil der Schäden, welche durch das Schulleben der Jugend zugefügt werden, beruht in der ihrem ganzen Wesen völlig fremden, sitzenden Lebensweise. In dieser Erkenntniss sind einzelne Autoren dafür eingetreten, das lange Sitzen während des Unterrichts durch zweckmässiges Stehen zu unterbrechen. So vertritt H. O. Jäger in seinem Büchlein: „Die Steharbeit" die Ansicht, dass das Kind in der Schule zum Stehen anstatt zum Sitzen gezwungen werden müsste und dass die Sitzbank durch eine Stehbank ersetzt werde, weil das Stehen weniger ermüdend sei als das Sitzen, ein Umstand, der dadurch am besten bewiesen werde, dass die Kinder, ehe sie in die Schule kommen, den ganzen Tag auf den Beinen sind. Auch von Schulthess, Götze u. A. ist auf die Vortheile der Unterbrechung der Sitzarbeit durch Stehen hingewiesen worden. Es ist nicht schwer, wenigstens bei der häuslichen Beschäftigung die Jugend nicht immer sitzend, sondern auch stehend arbeiten zu lassen; aber auch in der Schule ist dies auszuführen. Götze tritt für häufigeres Stehen der Kinder beim Unterricht ein. Er geht von der Erwägung aus, dass das Kind bei einem grossen Theile des Unterrichts, z. B. beim Kopfrechnen, in Geographie, Geschichte und Naturkunde, beim Anschauungs- und Leseunterricht ebenso gut stehen wie sitzen kann. Das Singen muss sogar im Stehen geübt werden. Selbst das Schreiben soll bei entsprechender Einrichtung der Schulsubsellien im Stehen auszuführen sein. Auf diese Weise wäre die Gesammtheit der

durch das Sitzen bewirkten Gesundheitsschädigungen beseitigt. Durch das Stehen würde auch unter gewissen Verhältnissen das nach anhaltendem Sitzen eintretende schlaffe, apathische Wesen der Kinder beseitigt und statt dessen die Spannkraft und Aufnahmefähigkeit derselben für den Unterricht erhöht. Aus solchen Erwägungen sind die sog. Sitz-Steh-Schulbänke hervorgegangen.

Gegenüber diesen Bestrebungen muss hervorgehoben werden, dass das Stehen nicht von langer Dauer sein kann. Dornblüth weist auf die bekannte Thatsache hin, dass Stehen viel rascher und mehr ermüdet als Gehen. Die grössere Anstrengung, die durch das Stehen hervorgerufen wird, besteht in dem Druck der Körperlast

Fig. 222.



Steh- und Sitzschulbank von Götze.

auf die tragenden Fusswurzelknochen und Gelenke und in den stark ermüdenden Contractionen derjenigen Muskeln, welche das Gleichgewicht und die Streckung der Glieder zu erhalten haben. Der Rücklauf des Blutes in den Beinen vollzieht sich beim Stehen schwerer als beim Sitzen, weil auf den Unterschenkelvenen eine fast doppelt so hohe Blutsäule lastet. Auf diese Weise werden sowohl Anschwellungen der Füsse als auch Erweiterungen der Venen mit allen ihren unangenehmen Folgen erzeugt; ausserdem können Gelenkbänder durch anhaltende Spannung gedehnt, Knochen durch ungleiche Belastung in ihrer Form verändert werden, wie dies alles sich bei jugendlichen Individuen gewisser Berufskreise findet. Die durch längeres Stehen hervorgerufene körperliche Ermüdung hat auch geistige Abspannung im Gefolge. Lässt der Lehrer die Schüler stehen, so muss er ganz besonders Acht haben, dass es nicht zu

lange geschieht; auch hat er sich gegenwärtig zu halten, dass die körperliche Kraft individuell verschieden ist und Ueberanstrengung die grössten Nachtheile hat. Es empfiehlt sich daher wohl langes Sitzen durch Stehen zu unterbrechen, nicht aber das Stehen vorherrschen zu lassen.

Die Steh- und Sitzschulbank von Götze (Leipzig) (Fig. 222) ist zweisitzig und unterscheidet sich als Sitzbank nicht

Fig. 223.

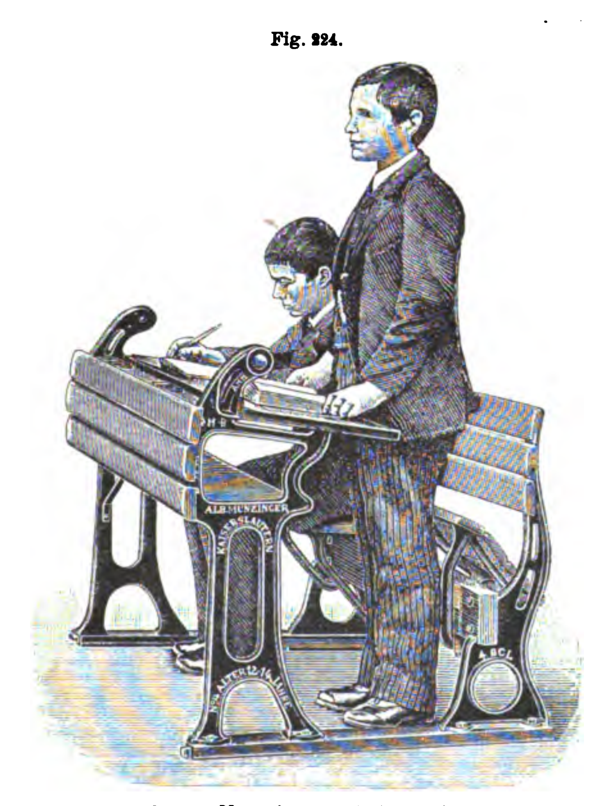


System Munzinger (als Stehbank).

von anderen neuen Systemen. Um sie als Stehbank zu verwenden, ist das Sitzbrett seiner Länge nach durchschnitten und dessen vorderer Theil um zwei Charniere drehbar gemacht, so dass dieser an die Rücklehne zurückgeklappt werden kann. Die Schüler haben jetzt Platz genug, in der Bank ungehindert zu stehen. Ferner lässt sich die Tischplatte in die Höhe ziehen, so dass sie nun als Stehpult zu benutzen ist. Für diesen Zweck bestehen die beiden seitlichen Ständer des Tisches aus einem äusseren, mit einer Nuthe ver-

sehenen und einem inneren Theil, der mit einer Feder so in die Nuthe des äusseren Stückes greift, dass der innere Theil, der die Tischplatte trägt, leicht auf- und niedergeschoben werden kann. Eine Feder stellt das Pult in der gewünschten Höhe fest. Soll die Stehbank in eine Sitzbank verwandelt werden, so wird die Feder etwas nach aussen gezogen; das Pult sinkt, durch die untergelegte

Fig. 224.



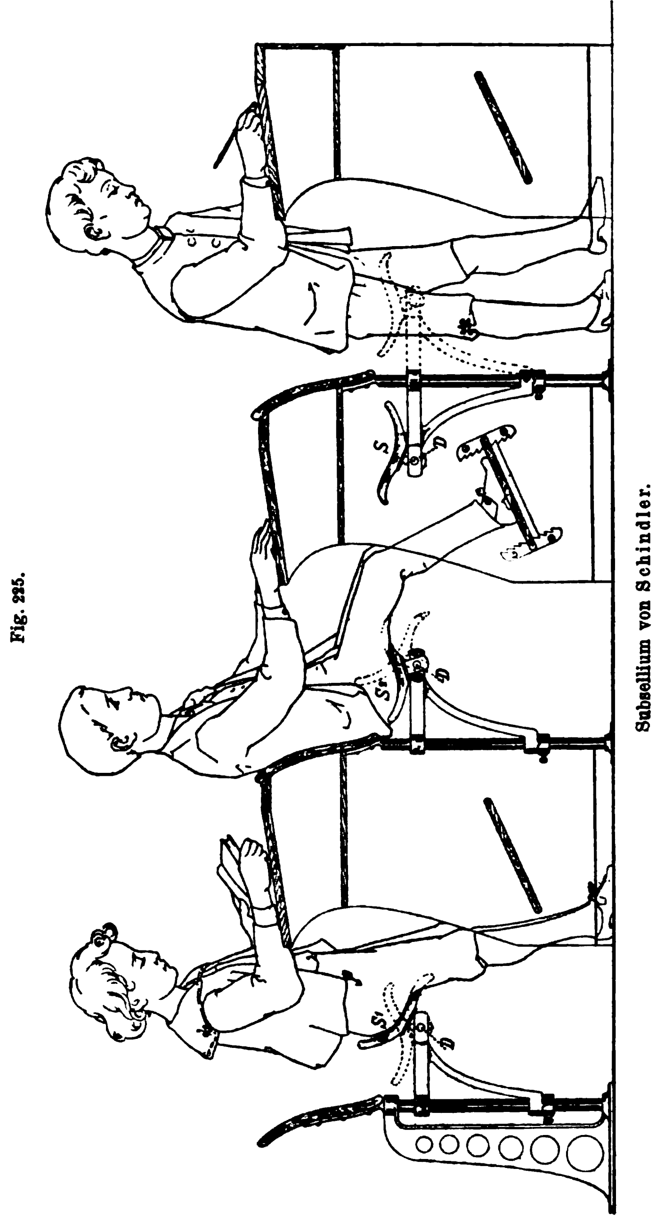
System Munzinger (als Sitzbank).

Hand in seiner Bewegung regulirt, wieder in seine ursprüngliche Lage herab. Diese Veränderungen sind leicht, auch von Kindern, ausführbar.

Bei Munzinger wird die Umänderung der Sitzbank in eine Stehbank durch Ueberklappen der Tischplatte erreicht, wie dies aus Fig. 223 und 224 zu ersehen ist.

In ähnlicher Weise wird die Veränderung erzielt bei den Systemen: Fuhrmann & Hauss, Gebr. Neuendorff, Kottmann, „Columbus“-Schulbank.

Fig. 225.



Subsellium von Schindler.

Schindler (Basel) will zum Tragen der Körperlast nicht nur die Rückenwirbel, sondern auch die Beine in mitwirkende Thätigkeit versetzen. Die Wirbelsäule soll auch in der Arbeitsstellung hinreichende Unterstützung haben; aber trotz derselben soll der

ganze Oberkörper in Schultern, Kreuz, Lenden und Hüften sich vollster Beweglichkeit und Freiheit erfreuen. Der Unterleib soll vollständig frei von Druck und Biegung in natürlicher Streckung gehalten werden, so dass weder die Lunge noch die Eingeweide in ihrer normalen Thätigkeit behindert sind. Nach diesen Principien hat Schindler seinen Universal-Schreibsitz (Fig. 225) gebaut. Auf dem Fussboden steht in einem Gusskörper ein drehbarer Rundstab, an dem der Träger D mit dem Sitze befestigt ist. Durch eine Stellschraube kann dieser Träger in beliebiger Höhe fixirt werden. Der Sitz selber besteht aus einem in Form eines Sattels geschweiften Brett. Unter ihm befindet sich ein Charnier, dessen Einrichtung nur eine begrenzte Bewegung des Sitzes nach vorwärts und nach rückwärts ermöglicht. Diese Construction gestattet nun dem Kinde das Einnehmen einer dreifachen Stellung. Ist die Sitzplatte schräg nach vorn geneigt, so ist ein Halbstehsitz geschaffen, bei welchem der Schüler steht, aber durch die Ruhestellung des Gesässes dem Oberkörper ausreichende Unterstützung gewährt. Der Uebergang in die Ruhestellung geschieht lediglich dadurch, dass die Füsse statt auf den Boden auf die Fussbank gestellt werden, wodurch der Schwerpunkt des Körpers mehr nach hinten fällt und der Sitz in die rückwärts geneigte Lage übergeht. Eine geneigte Lehne gewährt dem rückwärts fallenden Oberkörper Unterstützung. Endlich kann der Sitz mit seinem Träger um den Ständer nach hinten gedreht werden, so dass der Sitzraum für völlig freies Stehen frei gemacht ist. Noch sei erwähnt, dass der Sitz in seiner Beweglichkeit jeder Lageveränderung des Oberkörpers sogleich folgt.

Ueberblickt man jetzt die ganze Subsellienfrage noch einmal, so wird man den Eindruck haben, dass den im Eingange entwickelten theoretischen physiologischen Thatsachen sowohl von Aerzten wie von Lehrern und auch von den Fabrikanten nach Möglichkeit Rechnung getragen worden ist.

Die stetige Plus-Distanz ist definitiv in neueren Constructionen ausgeschlossen, und für die Differenz ist man bemüht gewesen, sich möglichst den durch Messungen gefundenen Daten anzuschliessen. Leider ist eine Uebereinstimmung in dieser letzteren Dimension nicht zu erzielen, weil man hier mit physiologisch gegebenen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, daher auch die mannigfachen Abweichungen in den Maassen der von den einzelnen Autoren und Technikern angegebenen und den Subsellientypen zu Grunde gelegten Zahlen. Es

bleibt hier kein anderer Ausweg als der in Zürich eingeschlagene, die Durchführung steter und wiederholter Messungen. Insbesondere dürfen sich grosse Gemeinden zur Bestellung von neuen Subsellien nicht entschliessen, bevor sie nicht durch sorgfältige Messungen die Maxima, Minima und Durchschnittszahlen der Grössen, und zwar sowohl der absoluten, als auch der relativen, ihrer Schuljugend kennen gelernt haben; und wenn dann auf Grund dieser Zahlen die Subsellien zur Ausführung gekommen sind, wird es Sache der Schulleiter und Lehrer sein, den einzelnen Kindern die ihnen entsprechenden Subsellien zuzuweisen.

Hauspulte.

In wie weit die Schule oder das Haus an den sicher vorhandenen Mängeln in der Haltung, welche ein grosser Theil unserer Schuljugend zur Schau trägt, betheiligt ist, ist eine müssige und fruchtlose Frage; beide haben Schuld, und beide müssen wie in der gesammten Erziehung so auch hier daran arbeiten, die vorhandenen gesundheitlichen Bedürfnisse der Jugend zu befriedigen. Der Lehrer kann und muss verlangen, dass der Knabe zu Hause an einem Tische mit einer seinen Körperformen entsprechenden Differenz und Distanz arbeitet, und bei einiger Aufmerksamkeit wird es ihm nicht entgehen, wo zuwider gehandelt worden ist. Die Richtung der Buchstaben, die Art und Weise der feinen und dicken Striche wird sichere Handhaben in dieser Beziehung gewähren, und es wird, wo solches beobachtet wird, Pflicht der Lehrer sein, die Eltern zu benachrichtigen, wie sie es zu machen haben, damit der Gesundheit der Kinder ihr Recht werde.

Auch für das Haus sind normale Subsellien construirt, und jede Familie, die es ausführen kann, sollte für ihre Kinder derartige Hauspulte beschaffen. Die meisten Schulbankfabriken verfertigen nach ihren Systemen vortreffliche Haussubsellien für das einzelne Kind. Es ist nicht möglich, hier alle aufzuführen; nur einzelne seien genannt.

Fig. 226 veranschaulicht ein solches Subsellium von Lickroth. Dasselbe ist verstellbar und trägt dem Wachsthum des Kindes dadurch Rechnung.

Ebenso haben Albers und Wedekind einen Hausarbeitstisch für Schüler construirt, welcher im Wesentlichen mit der von ihnen gebauten Schulbank übereinstimmt (Fig. 227). Das Subsellium kann für die verschiedenen Grössen der Kinder passend gemacht werden,

indem der Sitz durch Auflegebretter O und das Fussbrett durch Unterlagen P je nach Bedürfniss erhöht oder erniedrigt wird.

Ein etwas complicirtes, aber sonst auch treffliches Arbeitspult wird von Herrmann in Berlin (Bithorn'sches verbessertes Schreibpult) construirt; dasselbe hat einen dem Kunze'schen ähnlichen,

Fig. 226.

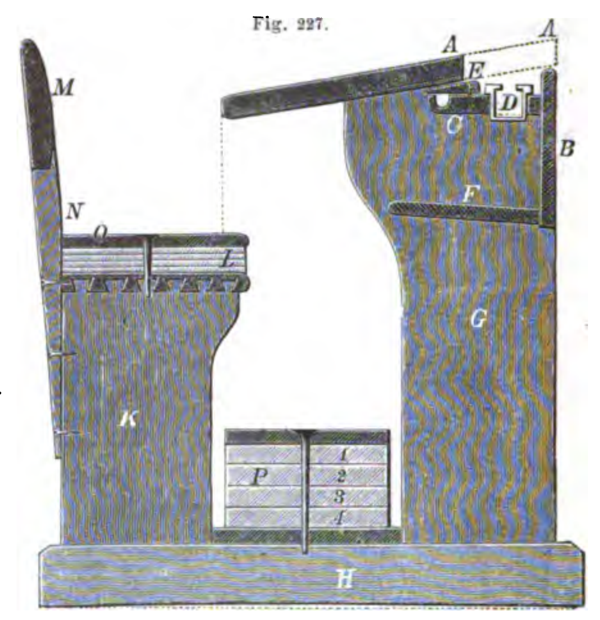


Haussubsellium nach Lickroth (Simon & Comp.).

vorzuschiebenden Tisch, in zwei Entfernungen aufstellbares Lesepult, festes Fussbrett, Kreuz-Rückenlehne bei geschweiftem Sitz und ist in den Höhendimensionen je nach Alter und Grösse des Kindes stellbar (s. Fig. 228).

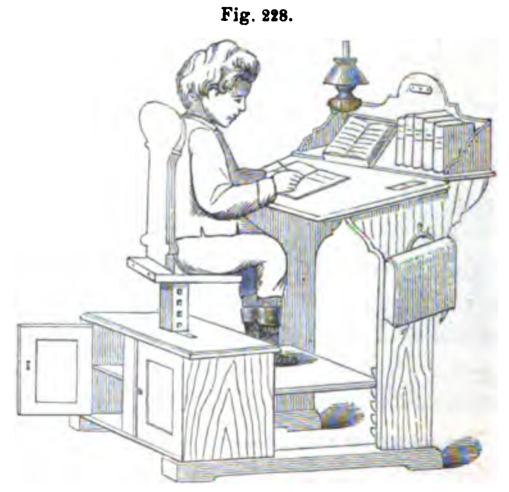
Wünschenswerth ist es auch, dass den Eltern von Schulkindern eine kurze Belehrung über das Sitzen ihrer Kinder zu Hause ge-

Fig. 227.



Haussubsellium nach Albers und Wedekind.

Fig. 228.



Herrmann's Haussubsellium.

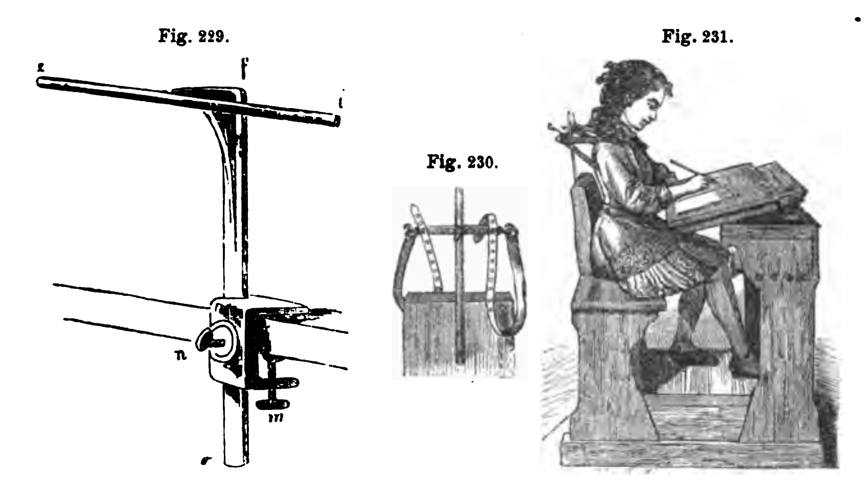
boten werde, ähnlich wie sie v. Esmarch und die Hygiene-Section des Berliner Lehrer-Vereins[1]) aufgestellt haben.

---

[1]) Gesundheitsregeln für die Schuljugend. Von der Hygiene-Section des Berliner Lehrer-Vereins. Berlin 1890.

Geradhalter.

Die Geradhalter sind Apparate, die, an den Schultischen bezw. Hauspulten angebracht, die Kinder zwingen sollen, eine gute Körperhaltung einzunehmen. Namentlich sollen sie denjenigen Schülern dienen, welche sich stark vorbeugen und die Augen den zu betrachtenden Objecten weit mehr nähern, als nothwendig ist. Wenn auch in der Schule sich kaum die Nothwendigkeit ergeben wird, derartige Apparate zu verwenden, so können sie doch vielleicht im Hause, wo keine Controle der Sitzhaltung des Kindes und keine



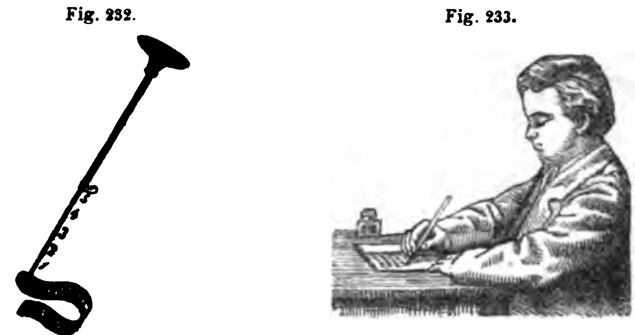
Geradhalter von Schreber. Geradhalter von Fürst.

ordentlichen Sitzeinrichtungen vorhanden sind, von einigem Nutzen sein. Aber allen Geradhaltern ist der Nachtheil eigen, dass bei längerem Gebrauch das Kind sich an derartige Hilfsmittel so sehr gewöhnt, dass es ohne sie kaum eine vernünftige Haltung einnimmt.

Von Schreber ist der erste Geradhalter (Fig. 229) construirt. Derselbe kann allerdings auf einige Zeit das Zusammenfallen des Körpers verhüten, ist aber doch durchaus ungeeignet, weil er einen constanten Druck auf den obersten Theil des Brustbeines, die Schlüsselbeine und die Oberarmköpfe ausübt und die Unbehaglichkeit des Schreibenden noch dadurch vermehrt, dass er bei länger dauernder Anwendung Schmerzen hervorruft, ein Effect, welchem gerade die vortheilhafte Wirkung des Instrumentes von seinem Erfinder zugeschrieben wird. Allerdings giebt Schreber selbst an,

dass man vor der Anwendung desselben das Verhältniss der Sitz- zur Tischhöhe reguliren müsse. Dann wird der Geradhalter aber überhaupt nicht mehr nöthig werden, sondern bei gegebener Möglichkeit des Geradsitzens dürfte die einfache, öfters wiederholte Ermahnung den Schüler von einer an und für sich unbehaglichen Position zurückhalten. Fahrner meint, dass er dieses Instrument nur ausnahmsweise gebrauchen würde und da noch mit grosser Vorsicht. Buchner hat damit Versuche gemacht und gefunden, dass die Kinder sich mit den wunderlichsten Verrenkungen unter die Querstange drücken oder sich auf dieselbe hängen. Es schadet also mehr, als es nützt, was bei der Art dieses Palliativmittels allerdings zu erwarten war.

Fig. 232. Fig. 233.



Schreibstütze von Soennecken.

Eine andere Form des Geradhalters hat Fürst angegeben (s. Fig. 230, 231). Construction und Gebrauchsart sind ohne Weiteres klar. Trifft diesen Geradhalter auch nicht derselbe Vorwurf wie das Instrument von Schreber, gestattet derselbe vielmehr ein freieres Athmen dadurch, dass die Schultern zurückgenommen werden und der Brustkorb hervorgewölbt wird, so wird man doch auch von diesem Hilfsmittel nicht allgemeinen Gebrauch machen, sondern die Anwendung auf vereinzelte Fälle beschränken dürfen.

Hierher gehört auch die von Soennecken angegebene Schreibstütze (s. Fig. 232, 233), ein federnder, leicht verstellbarer kleiner Apparat, welcher mit dem hakenförmigen Theile an dem Tische befestigt wird und mit der kleinen ausgehöhlten Holzplatte dem Kinn zur Stütze dienen soll. In der von Soennecken empfohlenen Art der Anwendung, dass der kleine Apparat schon um seiner geringen Festigkeit wegen keine eigentliche Stütze sein kann, sondern den Kindern gleichsam als Maassstab ihres Geradsitzens dienen und die beim Schreibsitzen stattfindende Abweichung nach vorn, rechts und links markiren soll,

ist derselbe allerdings empfehlenswerth; aber die Kinder mögen auch diese kleine Stütze nicht gern und suchen dieselbe möglichst zu vermeiden.

Der Richtgürtel nach Klemm[1]) besteht aus einem Lendengurt, zwei Schultergurten, einer Richtstange in der Richtung der Wirbelsäule und einer Pelotte. Letztere ist eine etwa eine Spanne lange, gewölbte, schildförmige Stahlplatte, die gepolstert und mit Leder überzogen ist. Sie dient dem unteren Rücken als Lehne und bildet mit der Richtstange einen federnden Hebel, um mittelst der Schultergurte die Lendenwirbel vorzuschieben. Einen solchen Richtgürtel wird man natürlich nur Kindern mit nicht normaler Wirbelsäule geben. Sind Knochengerüst und Muskulatur so schwach, dass deshalb das Kind eine schlechte Haltung einnimmt, so würde diese Stütze, indem sie den Muskeln jede Arbeit abnimmt, nur zu grösserer Schwäche führen. In solchen Fällen ist die Beschränkung aller Arbeit, bei der eine schlechte Haltung entsteht, nothwendig und es ist für eine Stärkung des Knochen- und Muskelsystems Sorge zu tragen.

Kallmann's Durchsichtsstativ stellt einen der Form des kindlichen Kopfes angepassten, mit Gummi überzogenen Bügel dar, welcher mit einem Stativ auf dem Tisch befestigt ist. Der Kopf wird zwar vor dem Vorsinken bewahrt; aber der Apparat verlangt ein absolutes Stillsitzen, das verwerflich ist.

Die Lesestütze von Dürr[2]) besteht aus einem wagerechten Eisenstab, der, beiderseits im rechten Winkel gebogen, an dem Arbeitstische befestigt wird. Der Stütze wird eine der Grösse des Arbeitenden entsprechende Höhe gegeben. Die Länge des horizontalen Theiles beträgt am besten 65—70 cm, damit für die Bewegung der Arme genügend Raum bei der Arbeit bleibt. Dieser Theil ist mit Gummi überzogen, so dass die Stirn des Lesenden eine elastische Unterlage findet. Derselbe ist nach vorwärts gebogen und steht etwa 4 cm von der Tischkante vor. In diesem Falle liegt ein auf die Mitte der Tischplatte gelegtes Buch von dem horizontalen Theile der Stütze in der richtigen Leseentfernung.

Ein neues Princip liegt in dem Geradhalter von Müller-Iberg[3]). Er hat die Form eines Brillengestells, an welchem zwei

---

[1]) Klemm, Der Richtgürtel als Erziehungsrequisit für Schule und Haus zur Verhütung von Misswuchs und Kurzsichtigkeit. Riga 1892.

[2]) Dürr, Die horizontale Lesestütze. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1889, p. 267 ff.

[3]) Hosch, Ein neuer Ersatz für die bisherigen Geradhalter. Zeitschr. für Schulges. 1893.

mit einander verbundene Klappen aus dünnem, festem Kartonpapier, Celluloid, Aluminium oder irgend einem anderen leichten Material leicht beweglich angebracht sind. Nähert sich der Kopf des Schülers zu sehr dem Schultische, so bewegen sich die Klappen nach unten, und die Augen werden von denselben verdeckt. Um wieder sehen zu können, muss das Kind seinen Kopf aufrichten, wobei dann die Klappen wieder nach oben umschlagen. Dies Zu- und Aufschliessen der Klappen wird durch ein mit den Klappen in Verbindung stehendes Gegengewicht selbstthätig bewirkt.

L. Die weitere Ausstattung des Schulzimmers.

Von den Schulmöbeln regen die Pult- und Sitzvorrichtungen für den Lehrer im Ganzen wenig das Interesse der Schulgesundheitslehre an. Der Lehrer erhält einen einfachen Tisch oder ein an der den Kindern zugekehrten Seite geschlossenes Katheder und Stuhl und wird selbst herauszufinden wissen, wann sie ihm unbequem sind. Wichtig ist, dass das Lehrerpult nicht zu nahe an die erste Schulbank heranrückt, damit die Kinder nicht den Kopf rückwärts neigen müssen, wenn sie den Lehrer sehen wollen, und damit die Kinder besser beobachtet werden können; der Zwischenraum wird nahezu 1 m betragen müssen. Pins[1]) schlägt einen Raum von 2 m vor, weil er beobachtet hat, dass die zu nahe am Lehrerpulte sitzenden Kinder durch die anhaltende Contraction der Nackenmuskeln Kopfschmerzen erhalten, und weil durch die starke Kopfdrehung Veranlassung zu Verbiegungen der Wirbelsäule gegeben wird. Indessen wird ein so grosser Abstand nur bei sehr tiefen Klassenzimmern erwünscht sein, während bei einer Klassentiefe für 6—7 Sitzreihen der Zwischenraum von 1 m immerhin genügen wird.

Bezüglich der Wandtafeln sind zwei Punkte in Betracht zu ziehen, nämlich die Aufstellung und das Material. In den meisten Fällen befindet sich hinter dem Sitze des Lehrers an der Wand eine Tafel, die, weil sie meistens an Haken aufgehängt ist, nicht höher oder niedriger gestellt werden kann. Ist sie zu hoch angebracht, so können die Kinder nicht an derselben schreiben; ist sie so niedrig,

[1]) Pins, Neuer Beitrag zur Frage von der Schulbank. Wiener med. Presse 1887, p. 1403.



dass dies geschehen kann, so ist das Geschriebene wegen des davorstehenden Lehrertisches nicht zu lesen; auch kann nur eine Seite der Tafel benutzt werden. Um diese Uebelstände zu beseitigen, hat man in der Regel neben der Wandtafel noch eine Tafel auf einer Staffelei aufgestellt, die sowohl eine seitliche, als auch eine höhere und niedere Stellung der Tafel und auch eine Benutzung beider Seiten ermöglicht. Diese Staffeleitafel, die wegen der Blendwirkung niemals in der Nähe der Fenster, sondern immer links vom Lehrerpult stehen muss, ist ferner mit Einrichtungen versehen, um eine leichte Umkehrung der Tafel herbeizuführen, was z. B. durch Drehung um Axen, die in der Mitte der senkrechten Tafelrahmen angebracht sind, oder durch eine Führung von Drahtseilen geschehen ist. Das Bemühen der Fabrikanten war aber auch noch darauf gerichtet, die Tafel an der Wand zu verbessern, ihr namentlich Beweglichkeit und eine grössere Schreibfläche zu geben. Dies ist erreicht bei den Schiebedoppeltafeln. Es sind eigentlich zwei Tafeln, von denen sich eine vor der andern in einem Holzrahmen auf- und abbewegen lässt. Das Gestell ist so hoch, dass von beiden Tafeln die ganze Schreibfläche zu sehen ist, wenn die eine am höchsten und die andere am niedrigsten steht. Durch diese Einrichtung hat man es bewirkt, dass die Schreibfläche ausreichend gross ist und dass die Tafel zum Schreiben für die Kinder niedrig und zum Lesen des Geschriebenen hoch geschoben werden kann. — Empfehlenswerth ist auch die neue Roll-Schultafel (F. Binsky, Berlin O). Sie besteht aus einem Rahmen bezw. flachen Gehäuse, in welchem oben und unten Walzen angebracht sind, die durch eine vorn befindliche Kurbel leicht gedreht werden können. Ueber die Rollen führt eine endlose Fläche aus starkem, widerstandsfähigem Material mit Schieferanstrich, das die Schreibfläche bildet und das sich auf eine dahinter befindliche Fläche straff auflegt. Nicht mehr Raum einnehmend als eine gewöhnliche Wandtafel, bietet sie eine doppelt so grosse Fläche wie eine gleich grosse Wandtafel. Die Handhabung ist leicht, die Benutzung bequem. Erwachsene und Kinder können denselben Theil der Tafel beschreiben, da durch die Drehung der Kurbel der zu beschreibende bezw. beschriebene Theil beliebig höher oder niedriger gestellt werden kann. Ebenso kann die Schrift etc. in eine allen Schülern sichtbare Höhe oder auf die Rückseite gebracht werden, was wünschenswerth ist, wenn das Aufgezeichnete in einer späteren Lehrstunde gebraucht werden soll.

Was das Material anbetrifft, so ist zu bemerken, dass Wand-

tafeln aus Naturschiefer selten gebraucht werden; denn sie sind zerbrechlich, haben einen hohen Preis, verlieren mit der Zeit ihren matten Ton, werden glatt und blenden dann in einem Maasse, dass die Schrift nicht gut zu lesen ist. Aus diesem Grunde verwendet man Holz oder ähnliches Material zur Herstellung der Wandtafeln. Lackirte Holztafeln, wie sie früher wohl durchgängig gebräuchlich waren, sind ungeeignet, weil sie stark blenden. Namentlich haben bei den an der Kathederwand angebrachten Tafeln unter der Blendung diejenigen Kinder zu leiden, welche von den Fenstern am weitesten entfernt sitzen. Gegenwärtig gebraucht man am meisten Holztafeln, welche mit einem Ueberzug von Schieferfarbe versehen sind. Diese Schiefer-Imitation muss in Farbe, Härte und Haltbarkeit dem Naturschiefer gleichen, leicht Kreide fassen und ohne Glanz sein. — Lemcke-Cassel stellt die Schreibfläche aus zwei Platten her, die aus einer eigens zusammengesetzten Masse gepresst sind. Indem die beiden Platten fest mit einander verbunden sind, ist jedes Verziehen und Reissen der Tafel ausgeschlossen, was auch von Binsky's Roll-Schultafel gilt. — Die Wandtafel von Campe (Cölln-Meissen) hat auf einer Holzunterlage einen Anstrich von Astrafarbe, der steinhart wird und eben ist, und auf welchem mit einem schwarzen, aus besonderer Mischung gebildeten Stift geschrieben wird. — Neuerdings werden auch Wandtafeln aus Glas hergestellt (Knoost-Freden, Oidtmann-Aachen, Bouvy-Amsterdam). Dieselben sind entweder schwarz oder weiss und auf der Schreibfläche matt. Die schwarzen Tafeln sind entweder in der Masse gefärbt oder auf der Rückseite mit schwarzem Lack überzogen. Letzteres ist jedoch nicht empfehlenswerth, da der Lack reissen und abplatzen kann, so dass häufig Reparaturen nöthig sind.

Bezüglich der Farbe der Wandtafeln und der Schrift hat Horner[1]) gefunden, dass schwarze Buchstaben auf weissem Grunde am weitesten, weisse auf schwarzem weniger weit und graue auf schwarzem noch weniger weit zu lesen sind. Das Verhältniss dieser drei Farbenzusammenstellungen ist 496 : 421 : 330. Es ist daher die graue Farbe der Wandtafel wenig zu empfehlen, besser ist eine schwarze Tafel mit weisser Schrift und am besten eine weisse Tafel mit schwarzer Schrift.

In Klassenzimmern von normaler Ausdehnung muss die Schrift an der Tafel möglichst kräftig und die n-Höhe wenigstens 4 cm

[1]) Deutsche Vierteljahresschr. f. öff. Gesundheitspfl., X, Heft 4.

sein, wenn auch die Schüler der letzten Bank bei bester Beleuchtung die Schrift lesen sollen. Der Reinhaltung der Schultafel ist grosse Aufmerksamkeit zuzuwenden, weil das deutliche und leichte Erkennen des Geschriebenen davon abhängt.

Sehr helle, namentlich gefirnisste Wandkarten reflectiren so viel Licht, dass sie leicht blenden; dieselben sind zusammengerollt zu lassen bis zu der Zeit, wo sie benutzt werden. Die Schrift und die Zeichen auf den Wandkarten müssen möglichst deutlich sein; lieber opfere man Einzelheiten der Karte, als dass die Schrift und die Zeichen zu klein werden. Kartenständer sind nicht unbedingt nothwendig, werden aber vielfach gebraucht, weil sie Wandkarten und Bilder schonen und das Aufhängen derselben erleichtern; sie ermöglichen es auch, dass den Karten und Bildern das günstigste Licht gegeben wird.

Der Schulschrank erregt nur wenig das hygienische Interesse. Empfehlenswerth ist es, ihn in eine Nische der Wand einzumauern, weil dadurch einestheils Raum im Schulzimmer gewonnen wird und anderntheils sich kein Staub auf seiner Decke ablagern kann. Bei den freistehenden Schulschränken wird die Entfernung des Staubes von der Decke nur zu oft verabsäumt.

Wichtig ist es, dass in jedem Schulzimmer Spucknäpfe vorhanden sind. Die Kinder müssen zur Reinlichkeit und, was damit Hand in Hand geht, zum Anstande erzogen werden; denn beides fällt in letzter Linie mit der Pflege der Gesundheit zusammen; sie dürfen daher böse Gewohnheiten, wie die, in die Stube zu speien, überhaupt nicht kennen lernen. Nach den neueren Erfahrungen über die Verbreitung der Tuberculose durch den aus dem eingetrockneten Sputum tuberculöser Kranker stammenden Tuberkelbacillus ist die Benutzung des Spucknapfes eine der wichtigsten hygienischen Anforderungen. Die Spucknäpfe müssen mit Wasser gefüllt sein, um Austrocknung des Sputum zu verhindern. — Wegen dieser Füllung müssen die Spucknäpfe einen ziemlich hohen Rand haben. Das Umkippen sucht man dadurch zu verhindern, dass man sie ziemlich schwer macht oder sie in geeigneter Weise am Boden befestigt. Der Inhalt der Spucknäpfe ist regelmässig in die Closets zu entleeren. Die Füllung der Spucknäpfe mit feuchten Sägespähnen, Holzwolle oder Torfstreu ist nicht zu empfehlen, weil diese Füllung leicht trocken wird. Dieser Inhalt darf niemals zum Kehricht gethan, sondern muss verbrannt werden. Zuweilen giebt man wohl den Spucknäpfen einen Deckel in der Form eines trichterförmigen Ein-

satzes mit Speiloch, der den auf dem Wasser schwimmenden Auswurf den Augen verbirgt und ebenso verhindert, dass durch Fliegen Tuberkelbacillen weiter verbreitet werden. Empfohlen wird auch, den Spucknapf durch Rohrleitung mit der Wasserleitung in Verbindung zu setzen, damit der Auswurf, sobald er in den Napf gelangt, von einem Wasserstrahl fortgespült werden kann[1]). — Spucknäpfe sind in genügender Zahl auch auf den Corridoren und den Treppenpodesten aufzustellen.

Regenschirmständer und Kleiderhaken gehören nicht in das Schulzimmer, sondern, wie bereits p. 183 ausgeführt, auf den Corridor oder in eigens dazu bestimmte Garderoberäume.

Ein Papierkasten muss in jeder Klasse vorhanden sein, um Stullenpapier etc. aufzunehmen. Er wird zweckmässig mit einem Deckel versehen, damit die Ausdünstungen der verschiedenen Speiseüberreste nicht in die Zimmerluft gelangen.

Eine dringende hygienische Forderung ist weiterhin das Anbringen von Waschvorrichtungen. Dieselben können im Korridor vorgesehen werden; es ist aber gegen die Anlage im Klassenzimmer nichts einzuwenden, wenn die Waschgefässe nach dem Muster der in Krankenhäusern jetzt gebräuchlichen, freistehend und der sorgfältigsten Reinigung leicht zugängig construirt sind. — Freilich ergiebt sich hiermit die weitere Anforderung, dass auch für reine Trockentücher Sorge getragen wird. — Es erscheint vielleicht im ersten Augenblicke nicht leicht, dieser hygienisch sehr wichtigen Einrichtung gerecht zu werden; indess dürften bei gutem Willen der Schulvorstände die Verwaltungsschwierigkeiten sich unschwer überwinden lassen und der für die Erhaltung der Gesundheit der Kinder aus der Einrichtung erwachsende Nutzen dürfte die Mühe reichlich lohnen.

M. Abtritte.

Jede Schule muss Abtritte in genügender Menge haben, um den Kindern die Befriedigung ihrer Bedürfnisse zu gestatten. Die Frage, welche noch hier und da angeregt wird, ob Abtritte in das eigentliche Schulgebäude hineinverlegt werden dürfen, muss seitens

---

[1]) Cornet, Ueber die Verbreitung der Tuberkelbacillen ausserhalb des Körpers. Zeitschr. f. Hygiene 1888, p. 192 ff. — Dettweiler, Zur Prophylaxis der Phthisis in den Schulen. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1889, p. 317 ff.

der Hygiene ein für alle Mal mit Nein beantwortet werden. Selbst wo Canalisation vorhanden und ausgiebige Wasserspülung möglich ist, würden wir bei dieser Antwort stehen bleiben. Kleine technische Fehler, unbeachtete Schäden in den Abflussröhren könnten nachtheilige Folgen nach sich ziehen, und wenn auch durch die Anlage der Closets im eigentlichen Schulgebäude das Besuchen der Abtritte bequem gemacht ist und die Kinder gegen Witterungseinflüsse geschützt sind, so stehen doch diese Vortheile in gar keinem Verhältnisse zu denjenigen Schäden, welche die Verunreinigung der Schulluft durch Cloakenstoffe nach sich ziehen könnte. Ist auch, wie aus den Verhandlungen des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege [1]) hervorgegangen ist und wie jüngst noch A. Jacobi ausführte, die Gefahr, die von „sewer gas" droht, übertrieben worden, so muss doch das Eine zugegeben werden, dass die dauernde Verunreinigung der Athmungsluft mit Cloakengasen die Gesundheit derartig zu schädigen vermag, dass die gesammte Widerstandsfähigkeit des Organismus dadurch herabgesetzt wird. Dies ist aber namentlich für Kinder, welche dauernd Infectionseinflüssen gegenüber stehen, bedeutungsvoll. — Dies ist sicher Grund genug, den Schulkindern die Bequemlichkeit der nahen Closets nicht zu lassen. Man wird daher die Abtrittsanlagen in ein kleines Gebäude verlegen, welches in dem Hofraum der Schule errichtet wird. Für Schulen mit gemeinsamem Unterricht für Knaben und Mädchen sind selbstverständlich zwei Gebäude herzustellen, welche am besten an entgegengesetzte Seiten des Schulhofraumes gelegt werden, oder es werden zum mindesten, wenn ein und dasselbe Gebäude die Abtrittsanlagen für beide Geschlechter enthalten soll, die Eingänge zu denselben an entgegengesetzten Seiten desselben zu liegen kommen. Die Abtrittsgebäude mit dem Schulgebäude durch einen verdeckten, beiderseitig geschlossenen Gang in Verbindung zu setzen, ist nicht allein nicht nöthig, sondern direct schädlich, weil man die Gasexhalationen mittelst dieser Gänge direct in das Schulgebäude leitet. Es ist zweckmässig, das Abtrittsgebäude so zu errichten, dass es von den Klassenzimmern aus übersehen werden kann. — Die Abtrittsanlage ist ferner im Ganzen so zu treffen, dass die herrschenden

[1]) Röchling, Technische Einrichtungen für Wasserversorgung und Canalisation in Wohnhäusern. Verhandl. des D. Vereins f. öff. Gesundheitspfl. 1894, p. 35—95. — Kirchner und Lindley, Schädlichkeit der Canalgase und Sicherung unserer Wohnräume gegen dieselben. Ebenda 1895, p. 152—209. — Soyka und v. Rózsahegyi, Ueber Canalgase als Verbreiter epidemischer Krankheiten und über Richtung und Stärke des Luftzuges in den Sielen. Ebenda 1881, p. 86 ff.

Winde sie nicht vor dem Schulhause treffen, und es sind in dem Falle, wenn die Excremente gesammelt werden (Tonnen), insbesondere diese Stellen vor dem Winde zu schützen; dies geschieht, indem man dieselben in abgeschlossenen Räumen unterbringt, womit man zugleich die Einflüsse der Sonnenhitze und des Regenwassers ausschliesst, welche beide rasche Fäulniss der Fäkalmassen bewirken.

Die Anzahl der Abtrittssitze wird nach der Schülerzahl berechnet und pflegt man für je 40 Knaben einen Sitz zur Verfügung zu stellen; für Mädchen, welchen keine eigenen Pissoirs gegeben werden, dürfte schon auf 25 ein Abtrittssitz einzurichten sein (Erläuterungen zu den Entwürfen für ländliche Schulgebäude vom 18. November 1887). Zweckmässig ist es, wenn die Abtritte an der Thür die Bezeichnung der Klasse, für welche sie bestimmt sind, tragen. Jeder Sitz ist in einer besonderen Zelle anzuordnen, welche durch Thüren nach aussen abzuschliessen ist und von den benachbarten Sitzen durch Zwischenwände getrennt wird.

Ausser den eigentlichen Abtrittszellen erhält jedes Abtrittsgebäude noch einen genügend breiten Vorraum, nach dem die Thüren der einzelnen Zellen aufschlagen. Mit Recht ist hervorgehoben worden, dass der Raum der Zelle nicht zu bequem zu bemessen ist, und Lang geht sogar so weit, ihn so wenig tief zu bauen, dass der Sitzende mit der Stirn fast die Thür berührt. Behnke bezeichnet als hinreichende Abmessung eine Breite von 70 cm und eine Länge von 110 cm. Um das Hinaufsteigen auf das Sitzbrett zu verhüten, kann über diesem ein schräges Querbrett angebracht werden. Der Sitz wird am besten aus hartem, mit Leinöl getränktem Holz hergestellt. Ein Anstrich des Sitzes ist insofern nicht zu empfehlen, als er Verunreinigungen desselben nicht so leicht erkennen lässt und als er ein Scheuern mit Seifenlauge nicht verträgt.

Die Höhe der Sitze schliesst sich im Allgemeinen an die Höhe der Sitzbänke für die einzelnen Altersstufen der Kinder an, wird indess zweckmässig immer etwas niedriger genommen werden müssen als diese, weil, wie Jedermann weiss, die Defäcation in einer Art kauernder Stellung am bequemsten erfolgt [1]). Die Wände werden am besten mit einem abwaschbaren Anstrich (Oel-, Emaillefarbe) versehen. Der viel empfohlene rauhe Bewurf der Wände verhindert

---

[1]) Steinthal, Ueber eine verbesserte Anlage des Closets. Die Fortschritte der öffentl. Gesundheitspflege 1893, Bd. I, p. 51.

kaum das Bemalen und Beschreiben derselben, und gestattet nicht ein gründliches Abwaschen bezw. Desinficiren mit Flüssigkeiten.

Die Beleuchtung muss reichlich sein und erfolgt am zweckmässigsten durch Fenster, die möglichst nahe der Decke bezw. dem Dache gelegt werden, eventuell auch durch Oberlicht, um namentlich in den Zellen die nothwendige Helligkeit herzustellen. Aus letzterem Grunde führt man auch die Umschliessungswände der Zellen nicht ganz bis zur Decke des Raumes hinauf, oder man bringt oberhalb jeder Thür ein Fenster an.

Wichtig ist die geeignete Entlüftung der Closetzellen. Sie geschieht am zweckmässigsten durch über Dach geführte Abluftcanäle; überdiess muss Wasserspülung vorhanden sein und für durchaus sicher wirkende Wasserverschlüsse gesorgt werden. Wo die Excremente in Gruben oder Tonnen entleert werden, ist das Aufsteigen von Gasen aus den Fallrohren zu verhüten, zu welchem Zwecke entweder der Raum, in welchem die Fäkalien angesammelt werden, mit einem über Dach zu führenden Abluftcanal versehen und in diesem eine aufsteigende Luftströmung erzeugt wird, oder es muss eine solche in dem über Dach geführten Fallrohre hergestellt werden. Dadurch wird in dem Maasse, als die Luft aus dem Sammelraum abfliesst, neue Luft aus den Zellen durch die Becken in die Fallrohre nachgeführt, und so werden die Ausdünstungen der Excremente in einer Weise hinweggeleitet, dass sie nicht in die Abtrittsräume und somit auch nicht in anliegende Räume gelangen können. Verkehrt wäre es, den Abtrittsraum selbst durch Absorptionslüftung zu ventiliren, weil hierdurch ein entgegengesetzt gerichteter Luftstrom entsteht, der die Luft von den Excrementen her in die Abortsräume saugt [Unna[1])].

Die übrige Einrichtung der Abtritte kann je nach dem angewendeten Princip der Entfernung der Fäkalien verschieden sein.

Vom Standpunkte der Hygiene sind Senkgruben in der Nähe von Schulgebäuden nicht zu dulden. Man rede nicht von gutem Cementbau und undurchlässigen Senkgruben anderer Art. Es giebt solche undurchlässigen Gruben überhaupt kaum, und die Gefahr der Durchsetzung des Erdbodens mit Fäkalstoffen steigt mit der Zeitdauer, während welcher dieselben in den Gruben verbleiben[2]). Bei

---

1) Unna, Die Ausführung der Hausentwässerung mit Rücksicht auf die hygienische Bedeutung der Canalgase. Centralbl. f. Gesundheitspfl. 1895, p. 365.

2) Prof. Hofmann in Chemnitz hat seit 100 Jahren benutzte Abtrittsgruben untersucht und gefunden, dass nur die innerste Schicht der Umfassungswände

alledem findet sich das Grubensystem noch vielfach in Dörfern und kleineren Städten, weshalb wir hier die wichtigsten Anforderungen an dasselbe berücksichtigen müssen.

Die Sammelgruben müssen vor allen Dingen wasserdicht hergestellt sein. Dieser Forderung entsprechen nach einer Verfügung der Regierung zu Marienwerder vom 28. Februar 1895 [1]):

a) Gemauerte Gruben, welche aus hartgebrannten Ziegelsteinen in Cementmörtel aufgeführt und innen mit demselben Mörtel in 2 cm dicker Schicht abgeputzt sind. Dabei müssen die Seitenwände mindestens 1 1/2 Stein Dicke besitzen, während die Sohle aus wenigstens drei in Verband gelegten, mit Cementmörtel 2 cm stark überzogenen Flachschichten bestehen muss, welche auf einer 30 cm dicken, festgestampften Schicht fetten Thones ruhen. Ferner hat eine gleiche Thonschicht die Seitenwände zu umhüllen; auch muss die Bedeckung entweder gewölbt sein oder mindestens durch eine gut schliessende, 5 cm dicke, gespundete Bohlendecke oder durch eine Eisenplatte in starkem Rahmen geschehen. Der Ministerial-Erlass vom 4. November 1887 empfiehlt eine doppelte Bedeckung durch dicht schliessende eiserne Platten mit leerem Zwischenraum.

b) Gruben aus Cementbau, wenn sie in ihren Wandungen mindestens 20 cm stark aus Cementbeton hergestellt sind, welcher aus einer Mischung von 1 Theil Cement, 1 Theil Sand und 4 Theilen groben Kieses bestehen muss, und wenn sie im Uebrigen wie zu a bedeckt und mit Thon umgeben sind.

c) Gruben aus Guss- oder Schmiedeeisen, wenn die Fugen bei Gusseisen verschraubt und mit Eisenkitt gedichtet, bei Schmiedeeisen geniethet sind. Zur Verhütung des Rostens werden sie mit einem Anstrich versehen.

Die Gruben sind häufig und sorgfältig auf ihre Dichtigkeit zu prüfen und dürfen nur höchstens bis 10 cm unter den Rand angefüllt werden (Ministerial-Erlass vom 4. November 1887).

Zweckmässiger und den hygienischen Anschauungen mehr entsprechend als Senkgruben sind unter allen Umständen Vorrichtungen, welche die sofortige directe Abführung der Fäkalien gestatten; hierzu dienen Tonnen, in welche die Fäkalmassen fallen, oder Canalanlagen. Es ist hier nicht der Ort, den langjährigen Streit zwischen den Anhängern der Canalisation und des Abfuhrsystems auch nur

von dem Grubeninhalt durchdrungen war, während die äusseren Theile derselben keine Spuren zeigten (Vierteljahresschr. f. gerichtl. Medicin u. Sanitätsw. 1888).

[1]) Centralbl. f. Gesundheitspfl. 1895, p. 394.

zu berühren. Für die Schule ist es eine Hauptsache, dass die Fäkalien so rasch als möglich und thunlichst vollkommen aus ihrer Nähe gebracht werden.

Für die Aufsammlung der Excremente in Tonnen ist die Einrichtung zu empfehlen, dass gut gearbeitete hölzerne, ausgepichte Tonnen benutzt werden, welche unter die Oeffnungen der Abtrittssitze gestellt werden, und zwar so, dass sie sich zu ebener Erde befinden; zu dem Zweck ist also der eigentliche Abtrittssitz erhöht und eine kleine Treppe, welche zu demselben hinaufführt, angelegt; die Tonne ist so anzubringen, dass das von den Sitzöffnungen abführende weite und innen gut geglättete Rohrstück gerade in ein Loch an dem Boden der Tonne hineinpasst. Ein zweites, auf und ab verschiebbares Rohrstück bringt den Abschluss der Tonne gegen das Abtrittsrohr zu Stande. Der Raum, in welchem die Tonne steht, ist durch eine Thür abzuschliessen und muss leicht zugänglich sein. Der Boden, auf welchem die Tonnen stehen, ist undurchlässig anzulegen, damit bei etwaigem Ueberlauf der Sammelgefässe die Fäkalien nicht in den Boden dringen können. Da die Undurchlässigkeit der Tonnen jeden Augenblick geprüft werden kann, so ist auf solche Weise jedes Einsickern von Fäkalstoffen in den Boden aufs beste verhütet. Man kann nun den Tonnen eine Einrichtung geben, welche die festen Stoffe der Fäkalien von den dünnflüssigen und vom Urin trennt (Heguin's Separator), oder man benutzt einfache Tonnen und füllt in dieselben nach jedesmaliger Entleerung Desinfections- und Desodorisationsmittel ein, mit welchen die einfallenden Fäkalien in Berührung gebracht werden. Selbstverständlich können verzinkte Eisenkästen auch statt der Tonnen benutzt werden.

Ist Canalisation und Wasserleitung vorhanden, so kann ein selbst arbeitender Mechanismus des Wasserzuflusses eingerichtet werden, so zwar, dass beim Eintreten in die Zelle das Wasser von selbst in das Becken desselben einzuströmen anfängt, und so lange fliesst, bis das Kind den Abtritt verlässt. Auch kann die Einrichtung so getroffen werden, dass durch das Niederdrücken des Sitzbrettes, wie es bei der Benutzung der Abtritte durch das Kind erfolgt, das Leitungsventil sich öffnet und nun das Wasser so lange fliesst, als das Kind auf dem Closet sitzt. Da aber durch diese Vorkehrungen oft eine grössere Menge Wasser zwecklos verbraucht wird, da man ferner nur da im Closet Reinlichkeit haben wird, wo man das Zufliessenlassen des Wassers ausser den Bereich des Eigenwillens der Schuljugend setzt, so empfiehlt sich die Einrichtung, dass vor Beginn der

Pausen vom Schuldiener die Spülung in den Abtritten in Thätigkeit gesetzt und nach Beendigung der Pausen wieder abgestellt wird. Geringerer Wasserverbrauch ist erforderlich, wenn die Spülung nur nach Schluss der Pausen erfolgt; indess ist diese Art der Spülung wenig zu empfehlen, da während der ganzen Pause die Fäkalien in den Becken verbleiben.

Gegenüber dem automatischen Wasserzufluss, bei dem nicht selten Störungen der Spülung vorkommen und bei dem die zufliessende Wassermenge meistens nicht nach dem jeweiligen Bedarf eingerichtet werden kann, hat die durch den Schuldiener herbeigeführte Spülung der Closets auch jene Vortheile; jedoch ist hierbei wiederum eine sorgfältige Controle nöthig, damit der Schuldiener die Spülung regelmässig in ordentlicher Weise ausführt.

Den Wasserverbrauch für jede Benutzung giebt man gewöhnlich zu 5—8 l an. Doch ist die Menge allein nicht ausschlaggebend, da bei höherem Druck die kleinere Wassermenge eine ebenso gute Spülwirkung giebt wie die grössere bei geringerem Druck[1]).

Was die technische Einrichtung der Wasserclosets anbelangt, so seien hier nur einige Punkte hervorgehoben: Man unterscheidet Wasserclosets mit und ohne Ventil. Erstere Form, bei welcher der am Grunde des tiefen, halbkugeligen Beckens befindliche Auslass durch ein mittelst besonderen Mechanismus bewegliches Ventil verschlossen wird, ist die ältere, wird aber für Schulen nicht zur Anwendung kommen, da sie wegen ihres complicirten Mechanismus bedeutend theurer und häufigeren Functionsstörungen ausgesetzt ist, den Eintritt schlechter, im Ventilkasten befindlicher Luft gestattet, sobald das Ventil geöffnet ist, und sich schliesslich bedeutend schwerer rein erhalten lässt als die ventillosen Closets. Bei letzteren unterscheiden wir vornehmlich die flache Beckenform mit seitlichem Auslass und die tiefe Form mit Bodenauslass. — Die flache Form bietet den Abfallstoffen eine zu grosse Verunreinigungsfläche dar und lässt sich namentlich in ihrem Auslass schwer reinigen. Ferner wird, wie Röchling ausführt, das von oben durch den Spülring in sie eintretende Wasser gezwungen, verschiedene Male seine Richtung zu ändern, was verzögernd auf seine spülende Kraft wirkt und dann am Uebergang in den verticalen Auslass, wo die horizontale Bodenspülung eine starke ist, zum Emporspritzen des Wassers über

[1]) F. W. Büsing, Die Canalisation (aus Weyl's Handbuch d. Hyg. II. Bd. Berlin 1897).

den Sitz hinaus Anlass giebt. Ein solches Spritzen kann namentlich in Zeiten von Epidemien verhängnissvoll werden, weil die Möglichkeit vorhanden ist, dass das Wasser die in den Fäkalien enthaltenen Keime mit sich reisst. Diese rechtwinklige Ablenkung des Spülwassers hat auch zur Folge, dass sich im Auslass Koththeilchen festsetzen. — Bei der tiefen Beckenform sind die exponirten Verunreinigungsflächen keine grossen, und das Wasser braucht, nachdem es den Spülring verlassen hat, seine Richtung nicht mehr zu ändern, sondern strömt nach unten in den Wasserverschluss direct hinein. Diese Closets, bei denen ein Verspritzen des Wassers ausgeschlossen ist, sind leicht rein zu erhalten. Von der Auslassöffnung des Beckens führt nach den Abfallrohren zum Zwecke der Verhinderung des Eindringens übler Gerüche in den Closetraum ein sog. Syphonverschluss, ein S-förmig gebogenes Rohr, in dem ein geringer Theil des Spülwassers so stehen bleibt, dass er die Communication der Luft auf seinen beiden Seiten hindert und ein Eindringen derselben von aussen nach dem Innern unmöglich macht [1]).

Für Schulen ist es geboten, das Closet nicht mit einer Holzverkleidung zu umgeben, sondern freistehend zu gestalten, da nur bei freistehenden Closets Schmutz- und Staubansammlungen mit den deletären Keimbeimischungen infectiöser Art durch stete Reinhaltung verhindert werden können.

In einigen englischen Schulen ist das sog. Moule'sche Erdcloset eingeführt. Auch in Deutschland haben sich Befürworter dieses Systems, insbesondere des Torfstreu-Closets gefunden [(Buchanan [2]), Schuster [3])]; sollte man sich für die Einführung desselben in einer Schule entscheiden, so würde auch in diesem der Mechanismus so einzurichten sein, dass die Erde von selbst auf die Fäkalien fällt und dieselben einhüllt.

Zur Beseitigung des Geruches aus den Abortsräumen ist die Aufstellung von stark riechenden Mitteln, wie Chlorkalk, Carbolsäure u. s. w. ohne jeden Werth; sie wird nur erreicht durch gute Lüftung der Räume und durch Geruchlosmachung der Fäkalien;

---

[1]) Renk, Apparate zur Sicherung des Abschlusses der Syphons und Wasserclosets gegen das Eindringen von Canalgasen in die Häuser. Verhandl. d. D. Ver. f. öff. Gesundheitspfl. 1881, p. 131.

[2]) Dr. Buchanan, Ueber das Moule'sche Erdcloset. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. Bd. III, p. 82.

[3]) Schuster, Das Erdclosetsystem, seine gesundheitlichen, landwirthschaftlichen und volkswirthschaftlichen Vortheile. Aarau 1892.

ferner muss eine Desinfection der Fäkalien dort, wo diese nicht durch Canalisation fortgeleitet werden, aus dem Grunde erfolgen, weil sich Krankheitskeime längere Zeit in den menschlichen Abgängen lebend erhalten können[1]). Die Desinfection der Fäkalien und die Beseitigung ihres Geruches kann geschehen durch Kalkmilch (1 Theil gut gebrannter Kalk wird allmählich mit 4 Theilen Wasser übergossen), durch präparirten Torfmull oder Torfstreu {Blasius[2]), Gärtner[3])]. Wehmer[4]) empfiehlt ein Gemisch von trockener Gartenerde mit Sägespähnen, welches bis zur Geruchlosmachung dem Grubeninhalte beigemischt werden muss. Sand und Kies wirken nicht als Desinfectionsmittel. Diese Desinfection und Desodorisation muss dort, wo das Gruben- oder Tonnensystem zur Verwendung kommt, täglich nach Schulschluss erfolgen, wenn sie nicht gleichzeitig mit der Kothentleerung geschieht.

Eine Uebertragung von Krankheitskeimen wird nur selten durch die Entleerungen selbst, leichter durch inficirte Sitze und Zellenwände erfolgen, weshalb Abwaschen bezw. Desinfection dieser Theile nicht nur möglich sein, sondern auch wirklich ausgeführt werden muss.

Ausser den Abtrittsanlagen für Defäcation müssen für die Knaben noch besondere Pissoirs eingerichtet werden, welche am besten in einem mit Schutzdach versehenen, sonst aber offen und luftig zu haltenden Anbau untergebracht werden. Bezüglich der Pissoirständer sind die in den Berliner Schulen eingeführten Einrichtungen empfehlenswerth. An eine massive Wand ist mit Belassung eines Luftraumes oder mit Anbringung einer Isolirschicht eine schmale Wand nach Art eines flachen Kappengewölbes in Cement gegengemauert. Dieselbe endet unten in einer Rinne. — Wand, Rinne und auch der Boden des Pissoirs selbst sind mit gutem Cement geputzt und bewähren sich bei guter Ausführung als sehr dauerhaft. Die Wand kann auch mit durch Cement gefugte Kacheln oder mit Schieferplatten bekleidet werden. Der Boden des Pissoirs muss behufs Abflusses des Urins schräg mit Gefälle angelegt sein. Es ist nicht nöthig, die Pissoirs in einzelne Stände einzutheilen.

---

[1]) Gross, Ueber Desinfection von Fäkalien. Die Fortschritte d. öff. Gesundheitspfl. 1893, p. 141.

[2]) Blasius, Die Verwendung der Torfstreu. Braunschweig 1884.

[3]) Gärtner, Torfmull als Desinfectionsmittel von Fäkalien nebst Bemerkungen über Kothdesinfection im Allgemeinen u. s. w. Zeitschr. f. Hygiene u. Infect. 1894, Heft 2.

[4]) Grundriss der Schulgesundheitspflege, Berlin 1895, p. 39.

Wo Wasserleitung vorhanden ist, wird die Rinne dauernd mit Wasser zu spülen sein. Will man dies nicht dauernd thun, so kann ein selbstthätig wirkender Mechanismus mittelst Schwimmer die Spülung mit der erforderlichen Wassermenge in bestimmten Zeitabschnitten bewirken. Neuerdings hat man auch Pissoirs mit Oelspülung eingeführt. Für Schulen sind dieselben, weil nicht genügende Reinhaltung damit verbunden ist, zu verwerfen. Wo keine Wasserleitung vorhanden ist, ist es besser, die Rinne täglich sorgfältig auszuscheuern. Der Urin wird, wenn er nicht direct in den Canal übergeführt wird, ebenfalls in Tonnen aufgesammelt, welche vollkommen dicht, getheert und bis auf die Einlaufstelle mit einem getheerten Deckel verschliessbar sein müssen.

Für die einfachsten Verhältnisse kann es genügen, wenn in entsprechender Höhe eine getheerte Bretterrinne angelegt wird, aus welcher der Urin in Sammelgefässe fliesst. Auch können Steinguttöpfe auf einer entsprechend hohen Bank aufgestellt und nach Schluss des Unterrichts entleert und gereinigt werden.

Für die Lehrer sind eigene Abtritte und Pissoirs einzurichten.

N. Brunnen und Trinkwasser.

Literatur.

Kruse, Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurtheilung des Wassers. Zeitschr. f. Hygiene 1894, Bd. XVII, p. 1.

Tiemann-Gärtner, Handbuch der Untersuchung des Wassers. 1895.

v. Esmarch, Ueber Wasserfiltration durch Steinfilter. Centralbl. für Bakteriologie. Bd. XI, Nr. 17.

Fischer, Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung. Berlin 1891.

Die Hygiene des Trinkwassers. Berichte von Balló, Gärtner u. A. Verhandlungen auf dem Congress für Hygiene in Budapest. 1894. Bd. IV, p. 50—128.

Flügge, Hygienische Beurtheilung von Trink- und Nutzwasser. Verhandl. d. D. Vereins f. öff. Gesundheitspfl. 1895, p. 210—223.

Vergl. im Uebrigen die Literatur bei „Baugrund“ p. 51.

Auf dem Schulplatze muss durch geeignete Brunnenanlagen für gutes Trinkwasser gesorgt sein. Das Bedürfniss der Schuljugend nach Wasser ist überaus lebhaft, und man pflegt die Brunnen in den Zwischenpausen von derselben umlagert zu sehen. Unter solchen Verhältnissen kann die Beschaffung guten Wassers eine Lebensfrage

für die Schule werden. Nachdem sich durch die gesammten Erfahrungen der letzten Jahre als ganz unzweifelhaft erwiesen hat, wie leicht Trinkwasser den Transport von gefahrbringenden Keimen in den menschlichen Körper bewirkt und wie sehr an den Genuss von verdorbenem Trinkwasser der Ausbruch von schwersten Infectionskrankheiten geknüpft ist, hat man allen Grund, schlechtes, Krankheitskeime und Fäulnissproducte enthaltendes Trinkwasser zu vermeiden und die Schuljugend davor in Acht zu nehmen.

Da das Trinkwasser mit Hilfe unserer Sinne, wie auch durch chemische und bacteriologische Untersuchungsmethoden geprüft werden kann, so wollen wir seine Eigenschaften nach dieser Anordnung betrachten. — Das Trinkwasser soll farb- und geruchlos, von reinem, angenehmem, erfrischendem Geschmack, klar und kühl sein. Die Temperatur soll nicht unter 10° C. und nicht über 15° C. gehen. Schon der Umstand, dass Flusswasser im Sommer zu Zeiten eine Temperatur von 20—25° C. hat und fade schmeckt, sollte uns abhalten, Flusswasser zu geniessen. Solches Wasser aber durch Wasserleitungen für die Bevölkerung einer Stadt zu beschaffen, hält Flügge für völlig unrichtig, da dasselbe niemals ein Genussmittel sein kann. Freilich ist es leider nicht immer zu umgehen.

Das Trinkwasser soll in chemischer Beziehung dem naturreinen Grund- resp. Quellwasser der betreffenden Gegend entsprechen, also keine erheblicheren Mengen von organischen Substanzen und von deren Fäulnissproducten enthalten und frei von giftigen Substanzen sein. In den meisten Fällen wird für Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure die Quelle in den Schmutzstoffen, sog. Stadtlaugenstoffen, zu suchen sein, die den Boden durchtränken und so in das Grundwasser gelangen; aber diese chemischen Bestandtheile können auch im Wasser vorkommen, ohne mit den Stadtlaugenstoffen irgend etwas zu thun zu haben. So kann das Ammoniak im Wasser seine Entstehung einer allmählichen Zersetzung von Pflanzenresten früherer Erdperioden verdanken, und aus ihm können sich salpetrige Säure und Salpetersäure in grösserer Menge bilden. Die Untersuchungen von Kurth in Bremen haben ergeben, dass dort selbst eine Menge von 10 mg Ammoniak, 2 mg salpetriger Säure und 300 mg Salpetersäure im Liter noch nicht die Berechtigung gewährt, überhaupt eine Verunreinigung des Bodens mit Abwässern und Stadtlaugenstoffen anzunehmen. Die Meinungen über die Schädlichkeit dieser chemischen Stoffe im Trinkwasser waren bis vor Kurzem getheilt, wie dies auch noch die Verhandlungen auf dem Budapester

Congress für Hygiene 1894 ergeben; indess konnte Flügge in den Verhandlungen des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1895 constatiren, dass man durch neuere Versuche irgend welche schädigende Wirkung dieser chemischen Bestandtheile des Wassers in den Mengen, wie sie in Frage kommen, nicht hat nachweisen können. Diese Meinung hat nun auch immer mehr Boden gewonnen. Während aus diesen Gründen die chemische Untersuchung des Trinkwassers uns wenig Auskunft über die Brauchbarkeit desselben geben kann, ist Eisenbestimmung erforderlich, um klares Wasser zu garantiren, und auch die Härtebestimmung ist nöthig, weil hohe Härtegrade die Verdauungsthätigkeit mancher Menschen beeinträchtigen.

In bacteriologischer Hinsicht ist von dem Trinkwasser zu fordern, dass dasselbe keine pathogenen Bacterien enthalte; auch darf die Möglichkeit nicht vorhanden sein, solche aufzunehmen. Ferner ist auch solches Wasser nicht brauchbar, das eine erhebliche Verunreinigung von sonst unschädlichen Bacterien enthält; übrigens würde solches Wasser wahrscheinlich in kürzester Zeit so verunreinigt erscheinen, dass man dies leicht durch die Sinne wahrnehmen könnte. Am besten ist natürlich das Wasser, in dem sich keine oder nur sehr wenig Bacterien vorfinden. Wo viele Bacterien im Brunnenwasser, namentlich auch verschiedene Arten derselben vorkommen, kann die Ursache in Defecten der Anlage liegen, welche den Zutritt verunreinigter Zuflüsse in den Brunnen gestatten; aber es ist auch die Möglichkeit vorhanden, dass bei der Anlage des Brunnens mit dem Material oder mit verschleppten Erdtheilen Bacterien in das Wasser gekommen sind, die hier nun fortwuchern. Dazu ist noch zu bedenken, dass bei der Entnahme von Proben des Brunnenwassers die ganz vereinzelt vorkommenden Infectionserreger nicht mitgefasst werden, in den Culturen nicht zur Entwickelung kommen oder hier nicht aus der Menge der übrigen Bacterien herausgefunden werden. Hier ist also auch die Grenze der Brauchbarkeit der bacteriologischen Wasseruntersuchung gegeben. Wenn durch dieselbe zu verschiedenen Malen auch Infectionskeime im Wasser nachgewiesen und dadurch die Infectionsgefahren festgestellt sind, so wird sie doch zur Beurtheilung der Brauchbarkeit des Wassers nur mit Vorsicht verwendbar sein. — In jedem Falle wird dort, wo der Verdacht vorliegt, dass solche Mikroorganismen in das Wasser gelangt sind, das Wasser nicht zu geniessen sein, selbst wenn durch die bacteriologische Untersuchung keine Infectionskeime gefunden

werden. Die Benutzung des Brunnens muss alsdann unmöglich gemacht werden, z. B. durch Entfernung des Pumpenschwengels, Festlegen desselben mit einer Kette u. s. w. Erst nach mehreren Monaten kann man den Brunnen wieder in Betrieb setzen; jedoch ist es zweckmässig, ihn vorher zu desinficiren. Kesselbrunnen werden ausgepumpt und mit Kalkmilch ausgewaschen, Röhrenbrunnen durch wiederholtes Eingiessen eines Gemisches von Phenol und Schwefelsäure gereinigt.

Um die Gefahr einer Infection des Wassers festzustellen, wird immer die Hauptsache bleiben, die Wege ins Auge zu fassen, auf denen Infectionskeime ins Wasser gelangen können.

Zur Erfüllung dieser Forderung ist daher eine sorgfältige Beachtung nicht nur dem Ursprunge des Wassers, sondern auch der Brunnenanlage zuzuwenden. Zunächst ist nothwendig, und dies ist ein für alle Mal das Wichtigste, dass überhaupt reines Wasser gewählt und dies auch gegen jede Verunreinigung geschützt wird; erst wenn absolut reines Wasser nicht zu haben ist, darf ein Wasser genommen werden, welches durch besondere Einrichtungen gereinigt wird. Man wird also die Nähe von Gehöften, welche mit jauchigen Flüssigkeiten den Boden imprägniren, für die Schule von vornherein meiden; desgleichen Fabriken, welche giftige Massen in den Boden einsickern lassen; eben so wenig wird man, wie oben ausgeführt wurde, Senkgruben in der Nähe des Schulhauses anlegen, und man wird für die grösste Reinhaltung der nächsten Umgebung des Schulhauses Sorge tragen.

Das Trinkwasser kann entweder Oberflächenwasser oder Grundwasser sein. Ersteres ist immer reich an Keimen, während letzteres keimfrei ist, wenn es in Tiefen von 4—5 m steht. So hat Grundwasser von Hause den Vorzug vor Oberflächenwasser. In das Grundwasser gelangen nur selten Keime von der Oberfläche her, weil sie von den tiefer liegenden Bodenschichten mit grosser Energie zurückgehalten werden. Gelangen aber durch künstliche oder natürliche Zugänge (Spalten, Canäle, von Insekten u. s. w.) mit dem Oberflächenwasser Bacterien in das Grundwasser, so tritt hier eine Vermehrung nicht ein, vielmehr findet bald ein Absterben statt (Fränkel). Wenn wir also das Trinkwasser aus der keimfreien Zone des Bodens schöpfen und Einrichtungen treffen, dass in dieses Grundwasser auf keine Weise inficirtes oder schlecht filtrirtes Oberflächenwasser oder Wasser aus den oberen Bodenschichten direct eindringen kann, so wird man im Allgemeinen keimfreies Wasser er-

halten (Gärtner). Es ist daher nöthig, Brunnenschachte so anzulegen, dass sie bis zur Grundwasserschicht hinabführen, und ferner die Wände der Schachte absolut dicht herzustellen. — Um nun behufs einer Controle eines schon vorhandenen Brunnens festzustellen, ob Defecte in der Brunnenwand vorhanden sind, durch welche verunreinigte Zuflüsse eindringen, muss man die Deckung des Brunnens abheben lassen und den Schacht ableuchten. Man bemerkt dann an den Wandungen die Reste der Einläufe in Form von Streifen und Flecken oder selbst als ganz dicke Auflagerungen (Flügge).

Bei der Errichtung von Kesselbrunnen ist das Mauerwerk des Brunnenkessels aus hartgebrannten, wetterbeständigen Ziegelsteinen unter Verwendung von Cementmörtel undurchlässig bis zur wasserführenden Schicht auszuführen. Die Aussenfläche des Kessels ist mindestens 2—3 m von der Oberfläche abwärts, besser jedoch bis zum Grundwasser hinab, wasserdicht mit Cementmörtel zu verputzen und mit einer 30 cm dicken Schicht Thon oder Lehm fest zu umstampfen. Der Brunnenschacht endigt etwa 1 m unter der Erdoberfläche und wird hier durch ein Gewölbe oder mit einer Stein- oder Eisenplatte wasserdicht abgedeckt; über die Abdeckung kommt eine 30 cm dicke Thon- oder Lehmschicht, und der darüber befindliche Raum wird bis zur Erdoberfläche mit reinem Sand ausgefüllt. Dann ist die Bodenfläche über dem Brunnen im Durchmesser von mindestens 2 m durch gutes Pflaster abzudichten und letzterem eine vom Brunnen aus nach allen Seiten abfallende Neigung zu geben [Verfügung der Regierung zu Marienwerder vom 28. Februar 1895 [1])]. Offene Brunnen sollten auf keinem Schulgrundstück geduldet werden, einmal wegen der selbst bei einer genügend hohen Umfriedigung der Brunnenöffnung bestehenden Gefahr für die Kinder, dann auch wegen der fortdauernd leichten Verunreinigung des Brunnenwassers durch Staub u. s. w. von oben her. — Wo ein weiter Brunnenkessel vorhanden ist oder angelegt wird, muss daher immer eine Pumpenanlage gefordert werden. Das Saugrohr der Pumpe darf nicht bis auf den Grund des Brunnenschachtes reichen, sondern hat ½—1 m von der Sohle zu endigen. Für den sorgfältigen Abfluss des beim Pumpen nicht aufgefangenen Wassers sind undurchlässige Rinnen vorzusehen. — Besser als die Kesselbrunnen sind die eisernen Röhrenbrunnen, die den Vorzug der Billigkeit haben und die auch, sofern sie etwa 5 m tief sind, ein keimfreies Wasser liefern. Daher

[1]) Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 1895, p. 392.

werden eiserne Röhrenbrunnen stets da zu wählen sein, wo die örtlichen Verhältnisse und die Beschaffenheit der wasserführenden Erdschicht ihre Anlage irgend gestatten; insbesondere werden sie bei hohem Grundwasserstand Verwendung finden, um aus grösserer Tiefe thunlichst reines Wasser nehmen zu können. — Eine Schwierigkeit bereitet allerdings bei der Wasserentnahme aus Tiefbrunnen der häufige Gehalt an Eisenoxydul; derartiges Wasser ist ein vorzüglicher Nährboden für die Crenothrix polyspora, deren Fäden, mit Eisensalz überzogen, das Wasser unansehnlich machen, ja sogar die Rohre der Wasserleitungen verstopfen können.

Ist nun aber nach Lage der Verhältnisse Tiefbrunnenwasser in genügender Menge nicht zu erhalten und muss man Wasser aus Flüssen und Seen nehmen, so muss dasselbe möglichst keimfrei gemacht werden; dies geschieht am besten durch künstliche Sandfiltration im Grossen vor der Ueberführung des Wassers in die Leitungen. — Auf Filtration des Wassers in kleinen Filtern am Gebrauchsorte ist ein für alle Mal kein Verlass. Die kleinen Filter erfüllen nicht ihren Zweck. Die für Einzelfilter verwandten Materialien (Kohle, Thon, Kieselguhr, feinporiger Stein) klären wohl trübes Wasser, indem sie die gröberen Theilchen zurückhalten, sie werden aber in Folge der Verstopfung der Poren bald unbrauchbar, und, was das Wichtigere ist, sie vermögen Bacterien nicht völlig zurückzuhalten. Wenn man es mit unreinem und infectionsverdächtigem Wasser zu thun hat, lassen uns also die Filter im Stich; ja unter Umständen wird sogar durch die Filter, indem in denselben die zurückgehaltenen Keime weiter wuchern, eine Vermehrung der infectiösen Keime bedingt, und es wird so einer Weiterverbreitung der betreffenden Krankheiten noch Vorschub geleistet (v. Esmarch). Am besten sollen sich die Berckefeldt'schen Filter bewährt haben; indess machen sich bei ihnen bei längerem Gebrauch die gleichen Uebelstände bemerkbar wie bei allen übrigen. — Die private und im Kleinen ausgeführte Filtration des Wassers ist also zu verwerfen.

Empfehlenswerth ist endlich, wenn jedes Kind seinen eigenen Trinkbecher (aus Glas, Metall, Gummi) besitzt, den es immer in seiner Schulmappe mit sich trägt, damit nicht durch den gemeinschaftlichen Gebrauch der Trinkgefässe Krankheiten übertragen werden.

Wenn wir nach dem Vorstehenden die Grenzen des Werthes der Wasseruntersuchung überhaupt sehr eng stecken mussten, so möge auf der anderen Seite bei der Verwerthbarkeit derselben für be-

sondere Zwecke, insbesondere für die der Controle im Einzelfall, immerhin derselben technische Aufmerksamkeit zugewandt werden. Wir geben im Folgenden die üblichen und am besten anerkannten Methoden der Wasseruntersuchung wieder, wobei wir überdies solche vorziehen, welche mit der Schnelligkeit der Ausführung und mit geringen hierzu nöthigen Hilfsmitteln hinlängliche Genauigkeit der Resultate vereinigen.

Physikalische Untersuchung des Trinkwassers.

Wie bereits ausgeführt, ist die erste Anforderung, welche man an ein brauchbares Trinkwasser stellen muss, die, dass es vollkommen geruch- und geschmacklos, klar und farblos sei. Der Geruch eines Wassers wird am besten erkannt, wenn man eine nur zum Theil mit demselben gefüllte Flasche mit aufgesetztem Pfropf schüttelt und nach Entfernung des Pfropfes an der Oeffnung der Flasche riecht. Bei schlechtem und verunreinigtem Wasser wird man nicht selten einen eigenthümlichen faulen Geruch, manchmal auch Schwefelwasserstoffgeruch[1]) wahrnehmen. Bei mit Leuchtgas in Berührung gewesenem Wasser zeigt sich oft Leuchtgasgeruch.

In Betreff des Geschmackes ist zu bemerken, dass stark verunreinigtes Wasser häufig einen unangenehmen, näher nicht zu bezeichnenden Geschmack zeigt, welcher auf das Vorhandensein von in Fäulniss begriffenen Organismen schliessen lässt. Nach einiger Uebung wird man auch hartes von weichem Wasser durch den Geschmack unterscheiden können.

Wenn man auch von einem guten Trinkwasser vollkommene Klarheit verlangen muss, so kann doch nicht jedes trübe Wasser direct als gesundheitsschädlich bezeichnet werden. Häufig setzen sich die suspendirten Theilchen schon nach kurzer Zeit zu Boden; oft erscheint die Trübung nur zu gewissen Zeiten, nach heftigem Regen etc. Immer aber muss die Natur der die Trübung veranlassenden Substanzen durch chemische und mikroskopisch-bacteriologische Untersuchung festgestellt werden.

Die Färbung eines Wassers kann man am besten erkennen, wenn man dasselbe in einen hohen Cylinder aus dünnem, weissem Glase füllt, diesen auf eine weisse Unterlage stellt und durch eine möglichst hohe Wasserschicht hindurchsieht. Zum Vergleiche stellt man einen gleichen auf gleiche Weise mit destillirtem Wasser ge-

[1]) Ein mit Bleizuckerlösung getränktes Papier schwärzt sich bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff.



füllten Cylinder daneben. Selbstverständlich ist die Färbung eines trüben Wassers erst nach Entfernung der trübenden Substanzen zu beurtheilen.

Die Temperatur eines Trinkwassers soll möglichst constant innerhalb der Grenzen von 10—15° C. liegen und von den Schwankungen der Lufttemperatur möglichst unabhängig sein.

Chemische Untersuchung des Trinkwassers.

Die hygienisch-chemische Analyse des Trinkwassers hat sich vorzugsweise zu beziehen auf: 1. den Gesammtrückstand; 2. die organischen Substanzen; 3. das Chlor; 4. das Ammoniak; 5. die Salpeter- und die salpetrige Säure; 6. die Schwefelsäure. Erst in zweiter Linie kommen die alkalischen Erden (Härte), die Alkalien und die sonstigen Bestandtheile bei der hygienischen Beurtheilung des Wassers in Betracht, um so mehr, da die erstgenannten Bestimmungen auf die Menge dieser Bestandtheile meist einen Schluss gestatten.

Gesammtrückstand. 100 (200) ccm Wasser werden in einer reinen gewogenen Platin- oder Porcellanschale am besten auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft. Der Trockenrückstand wird etwa 2 Stunden lang einer Temperatur von 140° C. ausgesetzt, im Exsiccator erkalten gelassen und rasch gewogen. Das Trocknen wiederholt man noch ein- bis zweimal bis zur Gewichtsconstanz. Das absolut genaue Wägen des Rückstandes ist nicht oder nur sehr selten möglich, da derselbe ungemein hygroskopisch ist. Nach Reichardt[1]) ist Wasser mit 0,1—0,2 g festem Rückstand pro Liter als sehr rein zu bezeichnen, mit 0,5 g zu verwerfen.

Organische Substanzen. Erhitzt man den Trockenrückstand vorsichtig, so tritt bei Gegenwart von organischen Stoffen eine Bräunung bis Schwärzung ein; bei Gegenwart von N-haltigen Stoffen zeigt sich der Geruch nach verbrannten Haaren. Die organischen Substanzen des Wassers enthalten C, H und N in wechselndem Verhältnisse und sind ihrer Natur nach noch unbekannt. Eine quantitative directe Bestimmung derselben ist daher unmöglich, und man begnügt sich, ein vergleichbares Maass festzustellen, indem man die Menge Kaliumpermanganat ermittelt, welche zur Zersetzung der organischen Substanzen des betreffenden Wassers nöthig ist. Von

[1]) Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. Halle a. S. 1880.



den auf der Anwendung des Kaliumpermanganats (Chamäleons) beruhenden Methoden wird fast allgemein die Kubel'sche angewandt.

Erforderliche Lösungen und Reagentien.

$^1/_{100}$ normal Oxalsäurelösung. 0,03 g reiner, krystallisirter Oxalsäure ($C_2H_2O_4 + 2H_2O$) werden in Wasser gelöst und die Lösung auf 1 l aufgefüllt.

Chamäleonlösung. 0,33 g Kaliumpermanganat werden in Wasser gelöst und auf 1 l Flüssigkeit gebracht.

Schwefelsäure. Zu 100 Theilen Wasser fügt man etwa 25 Theile concentrirter reiner Schwefelsäure.

Titerstellung.

100 ccm destillirten Wassers werden in einem Kolben (von 200 g) mit 10 ccm Schwefelsäure versetzt und zum Sieden erhitzt, hierauf mit einer gemessenen Menge (etwa 3—4 ccm) der Chamäleonlösung stark roth gefärbt und 5 Minuten lang gekocht. Man entfernt hierauf die Mischung vom Feuer und entfärbt mit 10 ccm Oxalsäurelösung. Schliesslich lässt man aus der Chamäleonburette, zuletzt tropfenweise, zufliessen, bis eine ganz schwache, aber deutliche Rothfärbung eintritt, welche auch nach kräftigem Schütteln nicht verschwindet. Die im Ganzen zugefügten ccm Ch. L. (= c) sind im Stande, 6,3 mg Oxalsäure zu zersetzen, und enthalten 3,16 mg Kaliumpermanganat ($KMnO_4$) oder 0,8 mg verfügbaren Sauerstoffs.

Ausführung.

100 ccm Wasser werden mit 10 ccm Schwefelsäure und mit so viel Ch. L. versetzt, dass die Flüssigkeit auch nach 5 Minuten langem Sieden roth gefärbt erscheint. Man nimmt sie vom Feuer, entfärbt sie mit 10 ccm Oxalsäurelösung und setzt nun Ch. L. zu, bis eine schwachrothe, bei kräftigem Schütteln nicht verschwindende Färbung eintritt.

Berechnung.

Zu 100 ccm Wasser wären zugesetzt worden m ccm Ch. L.; die Entfärbung wäre durch 10 ccm Oxalsäurelösung eingetreten. Bis zur schwachen Röthung wären gebraucht worden n ccm Ch. L.; so sind im Ganzen zugesetzt worden $(m + n) = S$ ccm Ch. L., und es sind $\frac{(S - c) \,.\, 3{,}16}{c}$ Theile Kaliumpermanganat und $\frac{(S - c)\ 0{,}8}{c}$ Theile Sauerstoff, welche zur Oxydation der in 100000 Theilen Wassers vorhandenen organischen Substanzen nöthig sind. Nach

Wood und Kubel entspricht 1 Theil Kaliumpermanganat 5 Theilen sog. organischer Substanz; demnach sind $\frac{5\,(S-c)}{c}$. 3,16 organische Substanzen in 100000 Theilen Wasser. Reichardt, Kubel und v. Pettenkofer nehmen als zulässige Grenze den Gehalt von 3—5 Theilen organischer Substanz in 100000 Theilen Wasser an.

Chlor. Dieses ist ein normaler Bestandtheil des Quell- und Flusswassers, darf sich jedoch nur in sehr geringen Mengen in einem brauchbaren Trinkwasser vorfinden. Ein grösserer Gehalt an Chlor zeigt stets Verunreinigung mit sog. Stadtlaugenstoffen an. Zum qualitativen Nachweis versetzt man etwa 20 ccm des Wassers mit einigen Tropfen Salpetersäure, erhitzt es zum Kochen und versetzt es mit Silbernitratlösung. Entsteht bloss eine Trübung oder ein Opalisiren, so ist die quantitative Bestimmung des Chlors nicht nöthig; zeigt sich ein weisser, käsiger Niederschlag von Silberchlorid, so sind jedenfalls grössere Mengen von Alkalichloriden vorhanden, und man bestimmt das Chlor quantitativ auf folgende Weise:

Erforderliche Lösungen und Reagentien.

$^1/_{10}$ normal Silberlösung. 17 g trockenes reines Silbernitrat ($AgNO_3$) werden in destillirtem Wasser gelöst und die Lösung auf 1 l aufgefüllt. 1 ccm dieser Lösung entspricht dann 3,55 mg Chlor.

Kaliumchromatlösung. Reines, chlorfreies, gelbes Kaliumchromat (K_2CrO_4) wird mit kaltem destillirtem Wasser digerirt, so dass eine in der Kälte gesättigte Lösung entsteht.

Ausführung.

100 ccm Wasser werden in einer Porcellanschale auf etwa die Hälfte eingedampft, hierauf mit einigen Tropfen der Kaliumchromatlösung versetzt und nun aus einer in $^1/_{10}$ ccm getheilten Burette vorsichtig Silberlösung zufliessen gelassen. Jeder einfallende Tropfen erzeugt einen zinnoberrothen Niederschlag, der beim Umrühren wieder verschwindet, bis endlich die rein kanariengelbe Farbe der Flüssigkeit einen schwachen Stich ins Röthliche annimmt. Nun wird das verbrauchte Quantum der Silberlösung abgelesen. Die ccm $^1/_{10}$ S. L. mit 3,55 multiplicirt, geben die Gramme Chlor in 100000 Theilen Wasser. Der chemische Vorgang ist folgender: Silbernitrat giebt mit Chloriden zusammengebracht eine unlösliche Verbindung, Silberchlorid, welches in Form eines weissen Niederschlages erscheint. Kaliumchromat giebt mit Silbernitrat eine unlösliche Verbindung von Silberchromat von rother Farbe, welche aber erst dann bei gleich-

zeitiger Anwesenheit von Chloriden entsteht, wenn diese sich vollständig in Silberchlorid umgesetzt haben. Reichardt lässt für reines Trinkwasser bloss 0,2—0,8 Theile Chlor in 100000 zu.

Ammoniak. Das Vorhandensein von Ammoniak in mehr als minimalen Spuren ist ein Beweis, dass das betreffende Wasser in Zersetzung begriffene Stoffe enthält. Ein solches Wasser ist als gesundheitsschädlich vom Genusse auszuschliessen. Der Nachweis des Ammoniaks geschieht leicht mit dem Nessler'schen Reagens. Dasselbe, eine alkalische Quecksilberkaliumjodidlösung, wird auf folgende Weise bereitet: 50 g Kaliumjodid werden in eben so viel heissem destillirtem Wasser gelöst und mit einer heissen concentrirten Quecksilberchloridlösung versetzt, bis der rothe Niederschlag von Quecksilberjodid sich nicht mehr löst. Man filtrirt von diesem ab, fügt eine Lösung von 150 g Kalihydrat (Aetzkali) in 300 ccm Wasser hinzu und bringt die Flüssigkeit auf 1 l. Das Nessler'sche Reagens muss in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden. Nach längerem Stehen pflegt sich etwas Quecksilberjodid auszuscheiden, doch hindert der Niederschlag nicht die Anwendung, da man nur von der über demselben stehenden Flüssigkeit die nöthige Menge zu nehmen braucht.

Zur Ausführung des Versuches versetzt man 100 ccm des zu prüfenden Wassers mit 1 ccm einer Natriumcarbonatlösung und 1/2 ccm Natronlauge von gewöhnlicher Concentration (entsteht ein Niederschlag von Calciumcarbonat etc., so lässt man denselben sich absetzen) und füllt mit der klaren Flüssigkeit zwei lange Röhren aus weissem dünnem Glase, so dass eine Flüssigkeitsschicht von mindestens 15 cm Höhe entsteht. Zu der einen Flüssigkeit setzt man 1 ccm des Nessler'schen Reagens und beobachtet die entstehende Farbe, welche bei Spuren von Ammoniak gelblich bis gelbroth erscheint. Ein rother Niederschlag zeigt schon bedeutendere Mengen an. Das nicht mit dem Reagens versetzte Wasser dient zum Vergleiche. Der Versuch muss in einer ammoniakfreien Atmosphäre mit ammoniakfreien, reinen Lösungen ausgeführt werden.

Die quantitative Bestimmung des Ammoniaks wird in ganz gleicher Weise ausgeführt. Nur vergleicht man die entstehende Färbung mit vorher bereiteten Ammoniumchloridlösungen von bekanntem Gehalte, die man in ganz gleicher Weise mit Nessler'schem Reagens versetzt hat, so dass eine Art Farbenscala entsteht.

Ammoniumchloridlösung. 3,147 g reines trockenes Ammoniumchlorid (Salmiak) werden in Wasser gelöst und auf 1 l aufgefüllt.

1 ccm dieser Lösung enthält dann 1 mg Ammoniak. 100 ccm dieser Lösung werden mit destillirtem Wasser zu 1 l verdünnt, so dass 1 ccm 0,01 mg Ammoniak enthält.

Zur Ausführung der Bestimmung füllt man mehrere gleich hohe Glascylinder oder Reagensgläschen, welche mit einer 50 ccm Marke versehen sind, mit 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 6 u. s. f. ccm der Ammoniumchloridlösung und füllt Wasser bis zur Marke nach. In einem ganz gleichen Cylinder hat man 50 ccm des klaren wie vorher behandelten Wassers vorbereitet, und nun versetzt man die Lösungen und das zu prüfende Wasser mit je 1/2 ccm Nessler'schem Reagens. Nach 5 Minuten vergleicht man die in dem Wasser entstandene Färbung mit den in den Probeflüssigkeiten eingetretenen gelben Farbentönen. Die Farbenscala zeigt nämlich nach Obigem Wasser an, das in 50 ccm 0,0025, 0,005, 0,01, 0,02 u. s. f. mg Ammoniak enthält, und man findet leicht jene Vergleichsflüssigkeit, deren Farbenton genau dem in dem zu prüfenden Wasser entstandenen entspricht.

Salpetersäure (und salpetrige Säure). Dieselbe entsteht ohne Zweifel durch Oxydation aus vorhandenen stickstoffhaltigen organischen Substanzen und ist demnach immer ein Kriterium für unreines Wasser. Als zulässige Grenze erklärt Reichardt den Gehalt von 0,4 in 100000 Theilen. Zum empfindlichsten, qualitativen Nachweis verfährt man folgendermassen: Auf eine Porcellanplatte bringt man eine minimale Menge Brucin und verreibt dieselbe mit einem Tropfen des zu prüfenden Wassers. Nun tröpfelt man concentrirte salpetersäurefreie Schwefelsäure hinzu. Eine entstehende Röthung zeigt Salpetersäure an; bei viel Salpetersäure entsteht schon bei dem ersten Tropfen eine intensive Rothfärbung; je geringer die vorhandene Salpetersäure, desto mehr Schwefelsäure ist zum Eintritt der Reaction nöthig. Nach Reichardt kann man bei einiger Uebung leicht durch diese Reaction annähernde quantitative Bestimmungen ausführen. Eine genauere, für die Zwecke der Beurtheilung eines Trinkwassers genügende Methode beruht auf der Entfärbung von Indigolösung durch salpetersaure Salze bei Gegenwart von Schwefelsäure.

Erforderliche Lösungen.

Kaliumnitratlösung. 1,871 g reines, trockenes Kaliumnitrat (Salpeterpulver) werden in 1 l destillirten Wassers gelöst. 1 ccm dieser Flüssigkeit enthält 1 mg Salpetersäureanhydrid (N_2O_5).

Indigolösung. Indigocarmin wird mit Wasser verrieben und die tiefblaue Flüssigkeit so weit verdünnt, bis sie in 12—15 mm dicker

Schicht durchscheinend wird. Von einem etwa abgesetzten Niederschlage wird abgegossen und nun der Wirkungswerth der Lösung gegen die obige Salpeterlösung festgestellt.

Titerstellung.

1 ccm der Salpeterlösung füllt man auf 25 ccm auf, versetzt sie schnell mit 5 ccm concentrirter reiner Schwefelsäure und fügt aus einer Glashahnburette von der Indigolösung so lange hinzu, bis die Flüssigkeit grünlich gefärbt erscheint. Man wiederholt den Versuch ein zweites Mal so, dass man die vorher ermittelte Menge Indigolösung mit einem Male hinzufügt und dann noch bis zur Grünfärbung titrirt. Die Concentration der Indigolösung wähle man so, dass 6—8 ccm derselben 1 mg N_2O_5 anzeigen.

Auf ganz ähnliche Weise titrirt man das zu prüfende Wasser.

Ausführung.

25 ccm Wasser versetzt man rasch in einer Porcellanschale mit 50 ccm Schwefelsäure und lässt sofort unter Umrühren die Indigolösung zufliessen, bis die Grünfärbung eintritt. Bei einem zweiten Versuch verfährt man, wie bei der Titerstellung angegeben, und nimmt die bei der zweiten Bestimmung verbrauchte Indigomenge als richtig an. Die ccm Indigolösung $\times$ 4, dividirt durch die Anzahl ccm Indigolösung, welche 1 mg N_2O_5 anzeigen, geben die in 100000 Theilen enthaltene Salpetersäure.

Salpetrige Säure. Dieselbe ist wie die Salpetersäure die Folge von einer im Wasser vor sich gehenden langsamen Oxydation organischer Stoffe. Die quantitative Bestimmung ist unnöthig, weil sie zugleich mit der Bestimmung der Salpetersäure ausgeführt wird. Der qualitative Nachweis ist leicht zu führen. 100 ccm Wasser versetzt man mit einem Kryställchen von Kaliumjodid und etwas Stärkelösung, welche man sich durch Aufkochen von gewöhnlicher Stärke mit Wasser bereitet hat. Säuert man nun mit 1—2 Tropfen concentrirter Schwefelsäure an, so entsteht bei Gegenwart von salpetriger Säure nach kurzer Zeit eine Blaufärbung, durch Bildung von Jodstärke herbeigeführt.

Schwefelsäure. Sie ist wie Chlor ein normaler Bestandtheil der meisten Quell- und Flusswasser, doch macht eine Steigerung derselben über die von Reichardt aufgestellte Grenzzahl von 6,3 Theilen in 100000 Theilen das Wasser in Folge der bekannten medicinischen Wirkung löslicher Sulfate zum Genusse ungeeignet. Die Prüfung auf Schwefelsäure erfolgt, indem man etwa 100 ccm Wasser mit

einigen Tropfen Chlorwasserstoffsäure ansäuert, erhitzt und etwas Baryumchloridlösung (1 Theil auf 100 Theile Wasser) hinzufügt. Eine entstandene Trübung bis schwerer weisser Niederschlag zeigt Schwefelsäure an. Die quantitative Bestimmung ist nur dann nöthig, wenn die qualitative Prüfung mehr als die gewöhnlich vorkommenden Spuren andeutet. Man säuert zu diesem Zwecke 100 cm mit Chlorwasserstoffsäure schwach an, kocht auf und setzt wie oben einige Tropfen Baryumchloridlösung zu. Die Flüssigkeit klärt sich nach einiger Zeit, und der gebildete Niederschlag von Bariumsulfat wird auf einem Filter gesammelt, geglüht und gewogen. Die Art der Ausführung und Berechnung findet man in jedem Lehrbuche der analytischen Chemie.

In Betreff der Bestimmung der sonstigen, für die hygienische Beurtheilung des Wassers minder wichtigen Bestandtheile (Kalk, Magnesia, Alkalien) sei auf die bekannten Werke von Kubel, Reichardt, Fischer, sowie auf Fresenius' Anleitung zur quantitativen Analyse verwiesen. Die als Gesammtrückstand bestimmten festen Stoffe bestehen zum grössten Theile aus kohlensaurem Kalk und Magnesia. Viel Chlor zeigt auch viel Alkalien an. Schwefelsäure findet sich meist als schwefelsaurer Kalk im Wasser, so dass man aus der Bestimmung des Gesammtrückstandes, des Chlors und der Schwefelsäure einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung des Gehaltes an alkalischen Erden (Kalk und Magnesia, in ihrer Summe auch als Härte bezeichnet) und Alkalien gewinnt.

Bacteriologisch-mikroskopische Untersuchung.

Wichtiger als die chemische Untersuchung ist die bacteriologische Prüfung des Wassers; indess ist, wie hervorgehoben, auch ihr Werth nur ein beschränkter. Genau durchgeführt giebt uns die bacteriologische Untersuchung des Wassers einmal Aufschluss über Vorhandensein und Art bestimmter Mikroorganismen und zweitens über die Leistung der Filtration, sei es durch künstliche Filter, sei es auf natürlichem Wege durch die Erdschichten. Wir bedienen uns bei der Wasseruntersuchung der auch sonst in der Bacteriologie eingeführten Untersuchungsmethoden. Nach diesen würde die Untersuchung auf bestimmte pathogene Bacterien, wie z. B. Cholera, Typhus etc., zu führen sein. — Wir müssen aber, da es sich hier um eine besondere Wissenschaft handelt, was Anlage der Culturen, Anreicherung u. s. w. betrifft, auf die speciellen Lehrbücher der

Bacteriologie verweisen, und wollen nur nicht unterlassen zu betonen, dass vielleicht auf keinem Gebiete dilettantisches und ungenaues Verfahren sich mehr rächt und schädlicher wirkt wie bei bacteriologischen Untersuchungen. Hier muss man der Methode absolut sicher sein, um hygienisch vortheilhaft zu wirken. Man übergebe die Untersuchungen also stets den Männern vom Fach.

Schon die Wasserentnahme für die bacteriologische Untersuchung hat ihre besonderen Schwierigkeiten, insbesondere bei Brunnen, da man das in den Brunnen eintretende Wasser ebenso wie das in dem Brunnen befindliche unter Umständen der Untersuchung unterwerfen muss. Ueber alles dieses können nur Fachmänner orientirt sein; allerdings soll der Schulhygieniker selbst hier Fachmann sein. Wenn aber die eigenen Kenntnisse nicht ausreichen, so hat er bei speciellen Bacteriologen Hilfe zu suchen.

O. Schulhof, Turn- und Spielplatz, Schulgarten.

Der sog. Schulhof, der unmittelbar an jedem Schulhause liegen muss, dient bei gutem Wetter den Kindern zum Aufenthalt während der Pausen und wird, wo nicht andere Plätze zur Verfügung stehen, auch als Spiel- und Turnplatz benutzt.

Vom gesundheitlichen Standpunkte ist für den Schulhof zu fordern, dass er in der Grösse der Schülerzahl entspreche. Mindestens müssen 2 qm Fläche auf jedes Kind kommen; doch werden auch bis zu 5 qm gefordert, von Wehmer sogar 8 qm. Der Schulhof muss so beschaffen sein, dass er erheblicher Durchfeuchtung von Regen und zu bedeutender Staubbildung bei sehr trockenem Wetter gleich günstigen Widerstand leiste. Zu diesem Zwecke ist es zu empfehlen, ihn zunächst mit einer Schicht von Ziegelsteinstücken zu bedecken, auf welche eine dünne, festgestampfte Schicht von magerem Lehm kommt, die dann mit grobem Kies beschüttet wird. Ferner muss die Oberfläche das zum Abfluss des Regenwassers nöthige Gefäll erhalten. Einzelne Wege des Schulhofes müssen gepflastert sein, um den Aufenthalt auf demselben auch bei Schmutzwetter und bei völlig aufgeweichtem Boden zu ermöglichen.

Im Winter ist bei Thauwetter der ganze Platz oder doch der grösste Theil desselben vom Schnee zu befreien. Bei trockenem Wetter im Sommer ist er entsprechende Zeit vor den Pausen zu besprengen, damit die Kinder nicht vom Staube zu leiden haben.

Um den Kindern einigen Schutz vor dem Sonnenbrande zu gewähren, ist die Bepflanzung des Schulhofes mit Bäumen zu empfehlen; allerdings dürfen diese nicht zu hoch sein und nicht zu nahe an den Fenstern stehen, damit diese nicht des Lichtes beraubt werden; sie dürfen auch nicht in zu engen Abständen angepflanzt werden, damit nicht die freie Bewegung der Kinder gestört werde.

Ein Theil des Schulhofes ist für den Bau der sog. verdeckten Halle, eines nach einer Seite hin offenen, mit Dach versehenen Bretter- oder Fachwerkbaues, zu benutzen, welcher in den Zwischenpausen Schutz bei ungünstiger Witterung oder während der Sommerzeit Schutz gegen Sonnenstrahlen gewährt. So kann es ermöglicht werden, dass die Schuljugend bei jeder Witterung nach jeder Stunde für kurze Zeit die Schulzimmer verlässt, damit die Luft der Klassenzimmer durch Oeffnen der Fenster und Thüren oder durch verstärkte künstliche Ventilation erneuert und verbessert wird.

Die Nothwendigkeit eines Turnplatzes für jede Schule ist so allgemein anerkannt, dass hierüber nichts mehr zu sagen ist. Wo es immer nur möglich ist, soll sich der Turnplatz in unmittelbarer Nähe des Schulhauses befinden; andererseits wird aber auch gewünscht, dass diese Plätze nicht von hohen Häusern eingeschlossen sind, sondern möglichst im Freien, also vor den Thoren, liegen sollen, wo, fern vom Dunst der Städte, die Luft am reinsten ist und die freie Natur das Gemüth erhebt. In kleineren Ortschaften lassen sich diese zumeist entgegengesetzten Forderungen wohl vereinigen, weniger aber in grossen Städten, wo die Rücksicht auf die Besucher des Turnplatzes zwingt, letzteren möglichst in der Mitte des Bezirkes anzulegen, aus dem die Schüler kommen; das ist aber die Stelle, wo das Schulhaus liegt.

Der Turnplatz muss eben und trocken sein. Die Oberfläche erhält eine leichte Neigung, damit das Regenwasser leicht abfliessen kann. Er muss elastischen Boden haben und mit Kies beschüttet sein. Gegen Plätze mit kurzem Rasen, die sonst durchaus zu empfehlen sind, ist einzuwenden, dass sie nach Regen die Nässe zu lange halten und dass der Rasen bei stärkerer Benutzung bald zerstört wird und dann ein unschönes Ansehen erhält. Die Bepflanzung mit Bäumen zum Schutze gegen Sonnenbrand ist empfehlenswerth; jedoch dürfen die Bäume nicht den Turnbetrieb hindern, weswegen sie nur an den Grenzen des Turnplatzes oder auf denjenigen Theilen desselben stehen dürfen, die als Ruhe- und Erholungsplatz dienen.

Nord- und Ostwinde sollten thunlichst vom Platze abgehalten werden; daher ist es gut, wenn dieser im oder am Walde angelegt ist. Wenn der Turnplatz vom Schulhause entfernt liegt, so muss Wasserleitung oder ein Brunnen vorhanden sein, um Trinkwasser und auch Waschwasser zu liefern; das Waschen der Hände und des Gesichts wird bei oder nach dem Turnen oft zur Nothwendigkeit. Die beste Gestalt eines Turnplatzes ist ein Rechteck, das etwa doppelt so lang als breit ist. Für jedes Kind sind etwa 2—4 qm Grösse erforderlich; jedoch muss die auf den Kopf entfallende Fläche um so grösser angenommen werden, je kleiner die Zahl der den Platz benutzenden Kinder ist. Die Geräthe sind so aufzustellen, dass die Schüler beim Turnen an denselben die Sonne von der Seite oder vom Rücken her haben.

Zur Aufbewahrung der beweglichen Turngeräthe ist ein fester, verschliessbarer Schuppen nothwendig, zum Aufenthalt bei Unwetter ein Schutzdach oder eine einseitig geschlossene Halle, falls nicht unmittelbar am Turnplatz die eigentliche Turnhalle liegt.

Der Turnplatz darf seitens der Schüler ohne Aufsicht des Lehrers nicht betreten werden, damit nicht durch unüberlegte und vorwitzige Benutzung der Geräthe Anlass zu Unglücksfällen gegeben werde.

Jede Schule muss einen Spielplatz haben, damit die Schüler in den Zwischenpausen sich dort dem freien Spiel hingeben können. Wird der Platz auch während der Unterrichtszeit zum Spielen benutzt, so muss er so entfernt vom Schulhause oder auch derart zu der Fensterfront der Schulzimmer liegen, dass der Unterricht nicht durch den Lärm der spielenden Kinder gestört wird.

Entspricht der in der Nähe des Schulhauses liegende Platz in seiner Grösse und in den übrigen Verhältnissen nicht den zu stellenden Anforderungen, dann ist noch ein grösserer Spielplatz erwünscht, welcher ausserhalb der Stadtmauern, in frischer, reiner Waldluft und in der Nähe von spielgerechtem Gebüsch liegt. Die Anforderungen, welche an den Spielplatz gestellt werden, sind dieselben, wie sie für den Turnplatz gelten; nur sind Rasenplätze zu bevorzugen. Auf jeden spielenden Schüler sind wenigstens 5 qm zu rechnen. Der preussische Ministerialerlass vom 28. Mai 1894[1]) verhehlt sich nicht die Schwierigkeiten, die bei der Beschaffung zweckmässig gelegener und eingerichteter Spielplätze in Grossstädten erwachsen,

---

[1]) Centralblatt f. d. ges. Unterrichtsverwaltung 1894.

empfiehlt aber den Stadtverwaltungen dringend, doch dafür Sorge zu tragen. Burgerstein[1]) schlägt vor, in den noch unbebauten Grenzgebieten der Städte den nöthigen Raum für die seiner Zeit erforderlichen Jugendspielplätze zu reserviren.

Die württembergische Verfügung von 1870 wünscht ausser dem offenen Spielplatz von 2—4 qm pro Kopf einen bedeckten von 1 bis 1,5 qm pro Kind.

Häufig werden alle diese Plätze in einem Platze vereinigt sein, namentlich in Grossstädten, so dass der Schulhof gleichzeitig als Spiel- und als Turnplatz dient.

Erwünscht ist auch die Verbindung des Schulhofes mit einem Schulgarten, welcher nicht nur dem naturwissenschaftlichen Unterrichte dient, indem er z. B. für den botanischen Unterricht Anschauungsmaterial liefert, sondern der es auch ermöglicht, dass die Kinder die ihrer Gesundheit so zuträglichen leichteren Gartenarbeiten ausführen.

P. Turnhalle.

„Nachdem das Turnen als ein integrirender Theil dem Unterrichte der Jugend in den höheren und niederen Schulen eingefügt worden und an Stelle der Freiwilligkeit der Theilnahme an diesen Uebungen für die turnfähigen Schüler die Verpflichtung getreten ist, hat sich die staatliche und communale Fürsorge auf die Beschaffung und Herstellung von geschlossenen Turnräumen erstreckt, in welchen unabhängig von der Jahreszeit und unbehindert von den Unbilden der Witterung das Schulturnen eine ununterbrochene und geordnete Pflege gefunden hat“ (Preuss. Min.-Erl. vom 27. October 1882). Bezüglich der Lage der Turnhalle gilt Alles, was über die Lage des Turnplatzes gesagt ist; nur dürfen Turnhalle und Turnplatz räumlich nicht getrennt sein. Für erstere wird ein besonderes Gebäude zu errichten sein; das Unterbringen des Turnraumes im Kellergeschoss des Schulhauses, wie es noch hier und da vorkommt, ist durchaus unstatthaft. Wünschenswerth ist es, die Halle durch einen einseitig geschlossenen überdeckten Gang mit dem Schulhause zu verbinden.

---

[1]) Jahrbuch für Volks- und Jugendspiele, VI, 1897, p. 178.



Was die Grösse der Turnhalle betrifft, so beansprucht Varrentrapp für eine 7—8klassige Schule eine Halle von 10 m Breite, 25 – 30 m Länge und 7 – 8 m Höhe. Die preussische Verordnung vom Jahre 1870 schreibt vor:

Für Elementarschulen auf dem Lande	Tiefe	Länge	Höhe
für 50 Turner	9,5	15,7	5 m
„ Seminarien von 50 Zöglingen . .	9,5	15,7	5,7 „
„ „ „ 75 „ . .	11,0	20,4	5,7 „
„ „ „ 100 „ . .	12,6	22	6,3 „

In Grossstädten sind die Hallen für grössere Schülerzahlen im Allgemeinen 20—25 m lang, 9—12 m breit und 5—6,5 m hoch. Pro Kopf werden 2,5—3 qm gefordert; Württemberg verlangt nur 2 qm.

In Bezug auf den Bau der Turnhallen ist zu fordern, dass dieselben nach den für die Schule selbst gemachten Angaben trocken und lichthell sein müssen. Gegen Fachwerkbau ist nichts einzuwenden. Empfohlen wird auch, Turnhallen mit einer entfernbaren Längswand zu erbauen, um je nach der Jahreszeit entweder in geschlossenen und gewärmten oder auch in offenen Räumen zu turnen. Von der wagerechten, am besten aus Holztäfelung bestehenden Decke werden die Träger zum Aufhängen der Turngeräthe gebraucht; nur in dem Nothfalle, wo die Halle nicht hoch genug ist, kann das Dach, das dann an der Unterseite vertäfelt ist, gleichzeitig die Decke des Raumes sein. Das Münchener Bauprogramm fordert eine zweigeschossige Halle, die zu ebener Erde einen Raum für Gerätheübungen und im ersten Stock einen gleich grossen Raum für Freiübungen hat. Gewöhnlich sind die Turnhallen nur eingeschossig. Den grössten Theil der Halle nimmt der eigentliche Turnsaal ein. Bei kleineren Schulanstalten begnügt man sich mit dem Besitz eines einzelnen Turnsaales; grössere Anstalten bedürfen eines Doppelsaales, um die geforderte Zahl der Turnstunden innerhalb der üblichen Unterrichtszeit unterzubringen. Empfehlenswerth ist es, die beiden Säle so anzuordnen, dass die trennende Scheidewand sich ohne grosse Umstände ganz beseitigen lässt, um dem gemeinsamen Turnen grösserer Schülermassen Raum zu gewähren. Der Versuch, in ungegliederten grösseren Turnhallen mehrere Klassen neben einander durch mehrere Lehrer gleichzeitig zu unterrichten, hat niemals befriedigt und zwar wegen des zu grossen Geräusches und der

Störung der Aufmerksamkeit [Euler[1])]. Der mittlere Raum des Turnsaales bleibt für Klassenübungen frei. Ist es nothwendig, hier Geräthe aufzustellen, so müssen diese beweglich sein und sich leicht bei Seite schaffen lassen. Die festen Geräthe finden ihren Platz in der Nähe der Wände. Die Turner sollen den Turnsaal nur durch einen Vorraum (Vestibül, Garderobenraum) betreten, wo Vorkehrungen zur Reinigung des Schuhwerkes vorhanden sind, und wo auch die Umwechselung der bisher getragenen Schuhe gegen Turnschuhe erfolgt, damit das Einschleppen von Staub vermieden werde. Ausser den genannten Räumen müssen noch vorhanden sein: ein Garderobenraum und Abtrittsräume, und zwar in unmittelbarer Verbindung mit dem Turnsaal, so dass die erhitzten Turner nicht ins Freie brauchen, wenn sie die Kleider wechseln oder die Aborte aufsuchen müssen.

Licht und Luft muss in grosser Menge in die Turnhallen eindringen können; daher sind Thüren und Fenster, die während des Turnens bei einigermassen günstiger Witterung alle geöffnet sein sollen, in möglich grosser Anzahl vorzusehen. Oberlicht ist wenig zu empfehlen, und zwar aus den Gründen, die bei dem Schulhause und dem Schulzimmer angegeben sind. Das Licht kann von allen Seiten in den Turnsaal dringen; erwünscht ist es aber, dass wenigstens auf beiden Längsseiten Fenster sind, um durch das Oeffnen derselben in den Pausen vermittelst des entstehenden Zuges eine schnelle und gründliche Lüftung zu erzielen. Keinesfalls dürfen die Fenster ausschliesslich nach Norden gerichtet sein, weil sonst kein Sonnenlicht in die Halle kommen kann. Gegen zu starke Erwärmung und gegen die Belästigung durch das directe Sonnenlicht bei der Lage nach Süden, Osten oder Westen sind Vorhänge anzubringen. Eine hohe Fensterbrüstung, etwa 1,8 m über dem Fussboden, wird empfohlen, damit die Schüler beim Turnen nicht in die Fenster fallen. Da nach langjährigen Beobachtungen diese Möglichkeit aber fast ausgeschlossen ist, so ist auch nichts einzuwenden, wenn die Fensterbrüstung ebenso niedrig liegt wie in den Schulzimmern. Die Fenster müssen thunlichst gross sein und bis nahe an die Decke reichen.

Eine schwierige Frage bei der Ausstattung der Hallen ist die Beschaffenheit des Fussbodens. Dielenfussboden (Riemen, Stäbe) ist zu empfehlen, derselbe darf aber nicht hohl liegen, weil sonst die

---

[1]) Euler, Encyklopädisches Handbuch des gesammten Turnwesens, 1896, III, p. 159.

Schallwirkung eine zu störende ist. Zu empfehlen ist auch das Belegen des Fussbodens mit Linoleum und Xylolith. Es empfiehlt sich überhaupt einen Theil der Turnhalle mit einem weichen, möglichst staubfreien Schuttmaterial zu versehen. Hierzu werden Gemische von Sägespähnen mit Schwemmsand empfohlen, denen etwas Viehsalz beigemischt wird, um die Masse feucht zu erhalten.

Fig. 234.



Sprengapparat von Winckler.

Die Halle muss heizbar sein; unter 10° C. sollte die Temperatur beim Turnen nicht herabgehen. Für die Beheizung sind die früher beschriebenen Localheizapparate zu empfehlen. Der Ofen wird am zweckmässigsten in der Mitte der Längswand angebracht.

Ueberaus wichtig ist es, für möglichst gute Ventilation zu sorgen. Die anzuwendenden Principien werden im Wesentlichen aus den früheren Ausführungen abzuleiten sein.

Zur Verhinderung der Staubentwickelung muss der Fussboden täglich feucht aufgewischt werden; ebenso sind die Geräthe täglich feucht abzuwischen. Der Turnsaal darf wie erwähnt, nur mit besonderen, gut gereinigten Turnschuhen betreten werden. Die Sprungmatratzen, die nur benutzt werden dürfen, wenn es durchaus nothwendig ist, erhalten am besten einen beiderseitigen Lederüberzug, müssen oft im Freien geklopft werden und dürfen niemals auf dem Fussboden geschleift werden. Cocosmatten sind Staubfänger. Zum raschen Niederschlagen des Staubes empfehlen sich besondere Vorrichtungen, und zwar kann man sich, wenn Wasserdruck vorhanden ist, entweder einfacher Brausesprengvorrichtungen bedienen, wie dies in den Berliner Turnhallen geschieht, oder man kann den von Winckler angegebenen patentirten Sprengapparat benutzen (s. Fig. 234). Derselbe besteht aus einem manns-

hohen fahrbaren Hebelgestelle mit darüber befestigtem Blechkörper. Die drei Räder gestatten auf jeder ebenen Bodenfläche eine leichte Bewegung und einfache Handhabung. Die linke Hand fasst den Griff des Blechkörpers, die rechte bewegt bei jedem Schritte den Hebel in seiner ganzen bewegbaren Länge mit mässiger Kraft. (Bei zu starkem, sowie zu schwachem Bewegen werden Tropfen erzeugt.) Jeder Druck des Hebels bringt eine Nebelwolke hervor, die sich herabsenkt und den Staub zu Boden reisst. Von diesen Tausenden von feinen Wassertheilchen und Bläschen, die sichtbarlich die Luft durchstreichen, wird dieselbe gleichsam gewaschen.

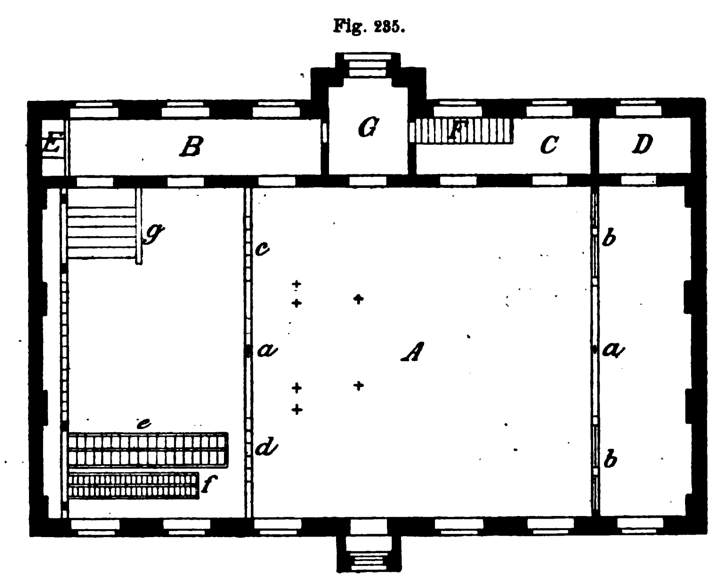
Zur Entfernung des Staubes haben Dietrich & Hannack (Chemnitz) eine patentirte Kehrmaschine hergestellt. Dieselbe besteht aus einem leichten Gefährt mit walzenförmiger Bürste, welche den Staub in einen Kasten wirft. Die Bürste nutzt sich gleichmässig ab und ist verstellbar, so dass die Reinigung stets eine gründliche sein kann. Beim Fahren wird ausserdem ein feiner Sprühregen erzeugt, welcher vor der Bürste her den aufgewirbelten Staub niederschlägt, ohne den Fussboden zu nass und damit schlüpfrig zu machen. Diese Maschine ist ausserordentlich leicht zu handhaben, selbst durch einen Schüler, und ermöglicht die Reinigung einer Turnhalle je nach der Grösse derselben in 2—4 Minuten. Es kann somit vor jeder Turnstunde bequem der Staub entfernt werden.

Wo künstliche Beleuchtung erforderlich ist, wie beim Abendturnen, ist die Zahl und Grösse der Lampen von der Grösse der Hallen abhängig; ihre Vertheilung richtet sich nach der Stellung der Geräthe, die ganz besonders hell erleuchtet sein müssen. Für kleinere Hallen genügt ein Siemens-Regenerativbrenner mittlerer Intensität. Kleinere Flammen finden ihren Platz an den Seitenwänden in regelmässigen Abständen.

Als Beispiel einer kleineren Turnhalle verdient die Halle des Askanischen Gymnasiums in Berlin hervorgehoben zu werden (Fig. 235). Die Turnhalle, welche mit ihrer Hauptfront nach der Kleinbeerenstrasse zu liegt, hat einen 30 m langen und 15,50 m breiten Turnsaal, vor welchem an der Strassenfront sich eine Vorhalle, eine geräumige Garderobe mit drei Closets, eine Geräthekammer und ein Zimmer für den Turnwart sich befindet. Ueber diesen Nebenräumen ist für Zuschauer eine Galerie angeordnet, welche direct von der Vorhalle aus erreicht werden kann. Das Gebäude ist aussen und innen in Backsteinrohbau ausgeführt. Der Fussboden ist aus behobelten und gespundeten kiefernen Brettern hergestellt und ebenso

auch die Decke des Turnsaales, deren Fugen mit profilirten Deckleisten bekleidet sind. Die Erwärmung der Halle erfolgt durch Luftheizung, deren Apparat in der unter den Nebenräumen überwölbt hergestellten Unterkellerung, woselbst auch die Brennmaterialien

Fig. 285.



Turnhalle des Askanischen Gymnasiums in Berlin.

A Turnsaal. B Garderobe. C Geräthekammer. D Zimmer des Turnwarts. E Aborte. F Treppe. G Vestibül. — aa Rundlauf. bb Reckständer. c Streckschaukeln. d Schaukelringe. e Wagerechte Leitern. f Schräge Leitern. g Kletterstangen.

untergebracht werden, aufgestellt ist. Sämmtliche Räume sind mit Gas- und Wasserleitung versehen. — Aus dem Grundriss ist gleichzeitig die Aufstellung der Turngeräthe zu ersehen.

Im Uebrigen verweisen wir ausser den genannten noch auf folgende Schriften:

Angerstein, W., Anleitung zur Einrichtung von Turnanstalten für jedes Alter und Geschlecht. Berlin 1863.
Lion, Sieben Tafeln Werkzeichnungen von Turngeräthen. Leipzig 1865.
Droop, Die Turngeräthe der preussischen Volksschulen. Emden 1871.
Kluge und Euler, Turngeräthe und Turneinrichtungen für Schul- und Militär-Turnanstalten. Berlin 1872.
Keller, Die Einrichtung der Turnplätze für Stadt- und Landschulen. Wien 1878.
Zettler, Die Anlage und Einrichtung von Turnhallen und Turnplätzen für Volksschulen. Leipzig 1888.
Schmidt, F. A., Die Staubschädigungen beim Hallenturnen. Leipzig 1890.
Faber, Die neue Turnhalle des Leipziger Turnvereins. Leipzig 1894.

Q. Badeeinrichtungen.

Literatur.

Kluge und Euler, Lehrbuch der Schwimmkunst. Berlin 1870.
Bartels, Badeeinrichtungen innerhalb der Schulen, besonders der Volksschulen. Jena 1887.
Lassar, Die Kulturaufgabe der Volksbäder. Berlin 1889.
Janke, Ueber die Schulbäder. Pädagogische Zeitung 1892, Nr. 18.
Vetter, Moderne Bäder, erläutert am Stuttgarter Schwimmbad. Stuttgart 1894.
Baginsky, Ueber die Bassinbäder Berlins. Verhandl. d. Deutschen Ges. f. öff. Gesundheitspflege zu Berlin. 1896. p. 95 ff. Sep. bei Hirschwald Berlin.
v. Esmarch, Erfahrungen über Schulbäder. Hygienische Rundschau 1896, Nr. 24.
Sperlich, Bericht über Schulbäder und Schwimmunterricht in mehreren Städten Deutschlands und der Schweiz. Zeitschr. f. österr. Volksschulwesen 1896, Heft 5.
Wegener, Schwimmen und Schule. Blätter für die Schulpraxis 1897, Nr. 18.

Ueber die Vortheile des regelmässigen Badens und Schwimmens wird bei dem Capitel körperliche Uebungen gesprochen werden; hier kommen nur die für diese Zwecke erforderlichen Einrichtungen in Betracht.

Die gegenwärtig am weitesten verbreiteten Badeeinrichtungen für Schulen sind die Brausebäder, deren Vorbild das von Merkel und Flügge in Göttingen im Jahre 1884 in den dortigen Schulen geschaffene Brausebad gewesen ist.

In der Regel wird die Brausebadanlage im Kellergeschoss angelegt; bei dem geringen Raumbedürfniss lässt sie sich mit verhältnissmässig wenigen baulichen Umänderungen auch in älteren Gebäuden meist nachträglich noch ausführen. Die Grösse des Baderaumes richtet sich nach der Zahl der anzulegenden Brausen; der neben den Brausezellen liegende Raum für das Aus- und Ankleiden muss doppelt so gross sein als die von jenen beanspruchte Fläche, damit doppelt so viele Aus- und Ankleidezellen als Badezellen vorhanden sind. Wände und Decken erhalten einen glatten Putz von Cement, Heliolith oder einen Anstrich von Porcellan- oder Emaille-

farben. Der Fussboden wird mit Asphaltestrich versehen und ist nach den Badezellen zu geneigt. Er wird mit einem ziemlich dichten, leicht wegnehmbaren Lattenrost belegt, der eventuell in den Auskleideräumen noch mit Cocosmatten bedeckt werden kann. Alle Räume müssen hinreichend beleuchtet, gut erwärmt und mit zweckmässigen Ventilationseinrichtungen versehen sein.

Die weitere Ausstattung der Auskleideräume besteht aus Bänken, Fächern, Kleiderhaken, Stiefelknechten, Spiegeln etc. Kämme sollten aber nicht zu allgemeinem Gebrauch beschafft werden, weil durch dieselben Haarkrankheiten sehr leicht übertragbar sind. Die Tücher zum Abtrocknen bringen die Kinder selbst mit, desgleichen die Knaben noch Badehosen, die Mädchen Badeschürzen und Kappen. Jedoch muss auch seitens der Schule dafür gesorgt werden, dass diese Sachen in genügender Anzahl zur aushilfsweisen Benutzung vorhanden sind.

Empfehlenswerth ist es, direct unter den Brausen im Fussboden mit Asphalt oder Cementputz ausgekleidete Vertiefungen, Fussbecken, anzulegen, in denen sich das laue Badewasser ansammelt. Diese Becken müssen so tief sein, dass der Badende bis über die Fussknöchel im Wasser steht. Durch ein Standrohrventil ist das Becken leicht zu entleeren, so dass für jeden, der unter die Brause tritt, wieder reines Wasser in dem Becken vorhanden ist. Wo es irgend möglich ist, sollte man unter jede Brause nur ein Kind stellen, weil mehrere sich gegenseitig hindern, das herabströmende Wasser auf die Stellen fallen zu lassen, wohin sie es haben wollen, und weil auch die Gefahr der Uebertragung von Krankheiten bei der unmittelbaren Berührung sowie durch das Wasser des Beckens vorhanden ist. Die Brause soll den Badenden nicht in senkrechter Richtung treffen, weil dann das Wasser mit seiner ganzen Kraft auf den Kopf des Darunterstehenden fällt, sondern sie muss unter einem geneigten Winkel den Körper treffen, so dass das Wasser sich bei dem aufrechtstehenden Badenden über den Nacken ergiesst. Eine offene Frage ist es noch, ob die Thätigkeit der Brausen nur vom Schuldiener für alle Badenden gleichmässig regulirt werden soll oder ob dies von jedem Schüler nach Belieben geschehen soll. In letzterem Falle wird gewöhnlich eine mit Griff versehene Kette eingerichtet, die beim Niederziehen die Brausen öffnet. Das Wasser fliesst so lange, als die Kette herabgezogen wird. Nach Loslassen der Zugkette schliessen sich die Hähne der Brausen durch Gegengewichte von selbst. Diese Vorrichtung spart Wasser, ist indess unbequem für

die Kinder, weil dieselben beim Gebrauch beider Hände zum Abseifen und Waschen kein Wasser erhalten. Zweckmässig ist die Einrichtung der Oeffnung der Brause durch Hahnstellung oder durch ein mittelst Fussauftreten stellbares Ventil, wie es neuerdings aus Gründen der Asepsis in chirurgischen Sälen eingeführt ist. Die Brausen liegen am besten mitten frei im Raume, weil dann die Bewegungen der Badenden weniger gehemmt sind.

Die einzelnen Stände für das Aus- und Ankleiden sind in der Regel durch Zwischenwände getrennt; bei den Brauseständen ist dies nicht nothwendig, ja die Wände derselben können nachtheilig wirken, wenn sie durch das vom Badenden abfliessende Wasser verunreinigt bezw. inficirt werden, weshalb es besser ist, die Zwischenwände bei den Brauseständen ganz fortzulassen. An den Brausezellen wie auch an den Aus- und Ankleidezellen sind weder Thüren noch Vorhänge nothwendig, weil es erwünscht ist, die Badenden stetig beobachten zu können.

Während in Weimar und in fast allen übrigen Orten sowohl das Baden als auch das Aus- und Ankleiden in gemeinschaftlichen Räumen geschieht, ist in Frankfurt a. M. die Einrichtung getroffen, dass in jeder Zelle nur ein Kind sich auskleidet und auch badet. Die Zellen sind durch Wände aus Wellblech vollständig von einander getrennt. Jede Zelle besteht aus einer vorderen Abtheilung zum An- und Auskleiden und dem eigentlichen Baderaume, die beide durch einen Vorhang von wasserdichtem Leinen geschieden sind. Da die Ankleideräume alle nach dem gemeinschaftlichen Gange hin ohne Thüren bezw. Vorhänge, die Brauseräume aber nur durch einen Vorhang abgeschlossen sind, so ist es der die Aufsicht führenden Person ermöglicht, die Badenden sowohl im Auskleideraume als auch in der Badezelle zu beobachten.

In der 2. Bürgerschule zu Weimar[1]), die 24 Klassen, je 12 für Knaben und Mädchen, enthält, ist der im Kellerraum befindliche Baderaum von nahezu quadratischer Grundfläche, 7,4 m zu 6,9 m. Die Gewölbe sind aus hellen Verblendern in Rohbau hergestellt, die Wandflächen, Pfeilervorsprünge, Mittelpfeiler mit glattem Cementputz überzogen; der Fussboden ist auf Betonunterlage asphaltirt.

Der Aus- und Ankleideraum, 6,9 m zu 3,0 m, von den Treppenhäusern der Knaben- und Mädchenabtheilung aus durch besondere

[1]) Has, Die Badeeinrichtung in der 2. Bürgerschule zu Weimar. Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1889, p. 325.



Eingänge zugängig, ist wie alle Kellerräume des Gebäudes gewölbt, glatt verputzt und der Fussboden ebenso wie der Baderaum asphaltirt.

Unter dem Fussboden dieses Raumes liegt das Canalrohr der Gebäudeentwässerung und das gusseiserne Hauptrohr der Wasserleitung. So war die Wasserzuführung und die Ableitung des verbrauchten Wassers bequem zu ermöglichen.

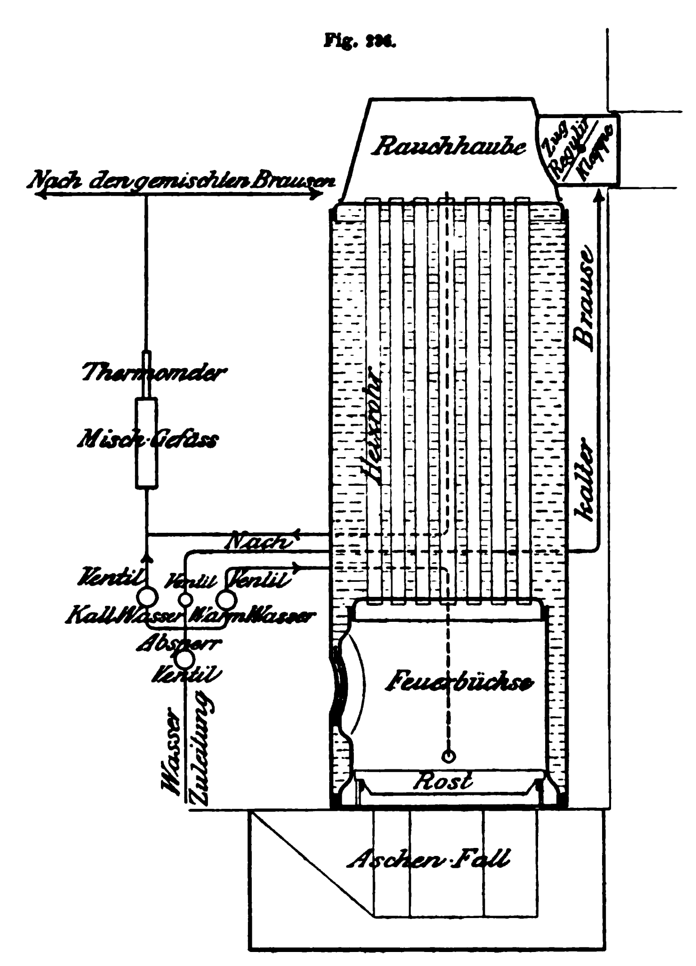
Auf dem Fussboden des Bade- und Ankleideraumes sind Lattenböden aufgelegt, die aus einzelnen Theilen bestehen, damit sie leicht aufgenommen werden können. Im Baderaum sind acht Brausen angebracht, unter denen Zinkteller von 1,0 m Durchmesser stehen, in welche in der Regel drei Kinder zum Abbrausen kommen. Grösse und Form der Brause wurden durch Versuche bestimmt. Die Zinkteller haben starken umgebogenen Rand, feste Holzböden und sind mit Ablassventilen versehen.

Da das Wasser für das Bad der städtischen Wasserleitung entnommen wurde, ist die Anlage durch die eigenthümliche Anordnung sehr einfach mit Mischgefäss ohne Aufstellung eines Reservoirs ausgeführt. Der im Baderaum stehende Warmwasser-Heizkessel ist von genau berechneter Construction und Grösse, wodurch derselbe im Stande ist, mit dem geringsten Kostenaufwand stündlich mindestens 120 Douchebäder zu 35° C. abzugeben.

Der Kessel (s. Fig. 236) steht auf einem gemauerten Sockel, dem Aschenfall, welcher gegen den Fussboden vertieft angelegt ist. Die Rauchhaube des Kessels ist von Schmiedeeisen. Der untere Zulaufstutzen und der obere Ablaufstutzen am Kessel haben die dem vorhandenen Wasserdruck entsprechenden lichten Durchmesser. Der Zulaufstutzen am Kessel steht durch das Ventil mit der Bezeichnung Warmwasser mit der Wasserleitung in Verbindung. Beim Oeffnen dieses Ventils wird das erwärmte Wasser durch das zuströmende Kaltwasser aus dem Kessel nach dem Mischgefäss und von da nach den Brausen gedrückt. Beim Oeffnen des Ventils mit der Bezeichnung Kaltwasser wird kaltes Wasser dem Mischgefäss direct zugeführt. Da Mischgefäss und Brausen freien Durchgang haben, so kann der Kessel nie unter Druck gesetzt werden. Das Mischgefäss ist so construirt, dass eine innige Mischung des hindurchgehenden warmen und kalten Wassers stattfindet, dessen Temperatur an einem auf dem Mischgefäss angebrachten Thermometer abgelesen werden kann. Durch starkes oder geringeres Oeffnen der beiden Ventile Warm- und Kaltwasser erhält man die für das Baden erwünschte Tempe-

ratur des Wassers, die in der Regel auf 30—35° C. eingestellt wird. Vom Mischgefäss führt die Rohrleitung nach den Brausen. Eine Brause ist durch ein Ventil direct mit der Wasserleitung verbunden und gewährt also nur kalte Brausen; selbstverständlich können

Fig. 236.



Wasser-Heizröhrenkessel für 7—9 Brausestände.

auch die übrigen Brausen durch Schliessen des Warmwasserventils und Oeffnung des Kaltwasserventils nur kaltes Wasser geben. Die Füllung des Kessels mit Wasser braucht nur einmal und zwar bei der Inbetriebsetzung durch das Ventil mit der Bezeichnung Warmwasser zu erfolgen, da sich während des Betriebes das ausströmende warme Wasser stets durch das zuströmende kalte Lei-

tungswasser ergänzt. Der Kessel ist noch mit einem Luftventil, einem Ablasshahn und einem Thermometer versehen. In der Wasserzuleitung ist ein Durchgangsventil eingeschaltet.

Die Beheizung des Baderaumes erfolgt lediglich durch den Wasserheizkessel, und es hat sich beim Betrieb gezeigt, dass die Ausstrahlung des Kessels zur Erwärmung des Raumes vollständig ausreicht.

Zur Entlüftung des Baderaumes dienen vier verschliessbare Oeffnungen in den Mitten der Gewölbekappen, von denen wagerechte aus Beton hergestellte Canäle nach einem zwischen zwei Rauchschloten liegenden senkrechten Luftcanal führen.

Der Ankleideraum hat einen besonderen Ofen, ist mit einfachen an den Wänden entlang laufenden Bänken und darüber an Leisten angebrachten Kleiderhaken ausgestattet.

Die Bedienung der Feuerung, das Oeffnen und Schliessen der Ventile geschieht durch den Schulwärter bezw. die Wärterin.

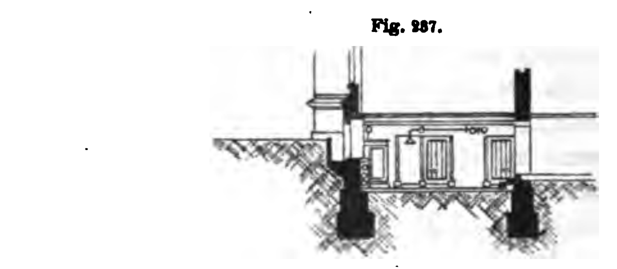
In dem in Berlin 1893—1894 erbauten Schulhause für die 168. und 182. Gemeindeschule (Quitzowstr. 115) befindet sich die von der Firma Pflaum & Gerlach-Berlin ausgeführte Brausebadanlage gleichfalls im Souterrain[1]) und wird durch 7 Fenster von je 1,35 m Höhe und 1,10 m Breite erhellt (Fig. 237). Der ganze Baderaum ist 17,25 m lang, 5,75 m breit und 2,55 m hoch. Die An- und Auskleidezellen sind mit leicht aufnehmbaren Holzrosten, der übrige Raum mit Cocosmatten belegt. Nach Brunzlow's Beobachtungen sind diese Matten nicht praktisch, da sie, wenn sie getrocknet werden, einen unangenehmen Geruch geben. Der Baderaum ist der Länge nach durch eine Bretterwand in zwei Theile geschieden, von denen der grössere, 3,50 m breite Raum die 28 Aus- und Ankleidezellen f, je 14 an einer Längsseite, enthält. Jede Zelle ist 98 cm breit und 1 m tief, an drei Seiten durch Bretterwände geschlossen, nach vorn offen und auch ohne Vorhang. In dem schmaleren Theil g des Baderaumes befinden sich 14 Brausezellen h von den gleichen Abmessungen wie die Aus- und Ankleidezellen. Während hier Zwischenwände zwischen den Brausezellen sind, hat man bei der Brausebadanlage in der Graunstrasse (Berlin) die einzelnen Braustände nur durch Eisenstangen abgegrenzt, so dass die Uebersicht über alle Badenden mit einem Blick möglich ist. Zur Bereitung des warmen

[1]) Brunzlow, Die erste Brausebadanlage in Berliner Gemeindeschulen. Zeitschr. f. Schulgesundheitspfl. 1896, p. 18 ff.

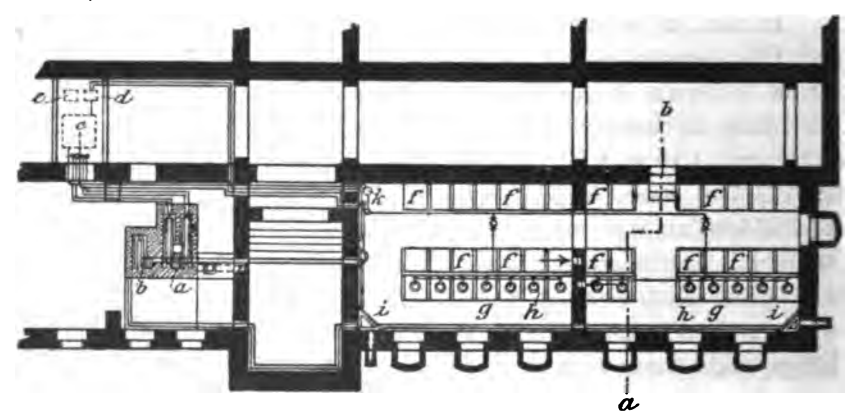


Wassers befindet sich in einem Nebenraum ein Heisswasserofen a, dessen Heiz- bezw. Circulationsröhren im Warmwasserreservoir c, das unter der Decke des Geschosses steht, untergebracht sind. Daneben ist auch das Schwimmkugelgefäss d angeordnet. Ein im Brauseraum angebrachtes Mischgefäss k entnimmt durch gesonderte Leitungen das warme Wasser aus dem Warmwasserreservoir und

Fig. 287.



Schnitt a–b.



Kellergeschoss. Brausebadanlage für die Gemeindeschule, Berlin, Quitzowstrasse.

a Heisswasserofen für die Warmwasserbereitung. b desgl. für die Heizung. c Warmwasserreservoir im Erdgeschoss. d Schwimmkugelgefäss im Erdgeschoss. e Expansionsgefäss im Erdgeschoss. f Auskleidezellen. g Brauseraum. h Brausezellen. i Heizkörper. k Mischgefäss.

das kalte aus dem Schwimmkugelgefäss und führt dasselbe als Mischwasser durch eine Hauptleitung mit entsprechenden Verzweigungen nach den Douchen der Zellen h. Die Ventile zu dem Mischgefäss werden von einer die Aufsicht führenden Person so gestellt, dass die gewünschte Brausewassertemperatur erzielt wird, die durch ein am Mischgefäss angebrachtes Thermometer abzulesen ist. Jede Brause hat ihren besonderen Absperrhahn und kann daher die Anzahl der in Thätigkeit tretenden Brausen beliebig geändert werden.

Ausserdem sind in der Hauptbrauseleitung noch zwei Hähne angeordnet, wodurch mittelst einer Hahnstellung jede Hälfte der ganzen Brausenreihe ein- bezw. abgestellt werden kann. Der Heisswasserofen b dient zur Erwärmung des Brauseraumes sowie zur Erwärmung der frischen Ventilationsluft, die an den beiden Ecken i durch Wasserheizspiralen erwärmt wird und über Kopfhöhe in den Raum eintritt. Zwei grosse Mauercanäle führen den Wasserdampf aus dem Brauseraum über das Dach ins Freie. In der Regel erhalten die Kinder etwa 2 Minuten lang Wasser von 30° C.; darauf wird der Hahn für das warme Wasser theilweise geschlossen, so dass nun die Brause erheblich kühler wird. Wenn die Kinder vom Baderaum in die Klasse zurückkehren, so bringen sie ihre Badewäsche in den Trockenraum, wo sie dieselbe an numerirte Haken hängen. Nach Schluss des Unterrichts werden die Klassen, die gebadet haben, in den Trockenraum geführt, um ihre Wäsche mit nach Hause zu nehmen.

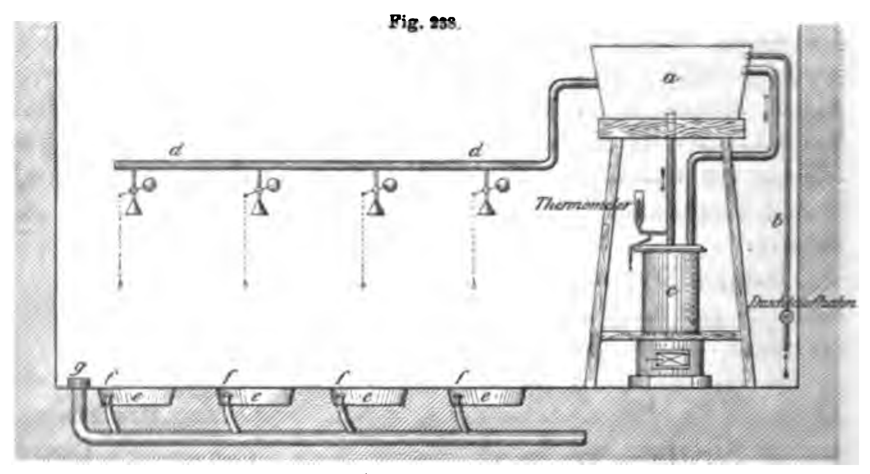
Mehrere Neuerungen zeigt das von Börner & Herzberg-Berlin in der Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896 vorgeführte Schulbrausebad, welches folgendermassen construirt ist:

In Fig. 238 ist a ein Reservoir von 250 l Inhalt, das durch ein Rohr der Kaltwasserleitung b gefüllt wird. Zur Erwärmung des im Reservoir enthaltenen Wassers dient ein kupferner Circulationsofen c mit unterhalb desselben befindlichem Gasbrenner. Dieser Ofen ist durch kupferne Circulationsrohre mit dem Reservoir verbunden, dessen Wasserinhalt in der Richtung der Pfeile fortwährend durch den Ofen geführt und dadurch auf die gewünschte Temperatur erwärmt wird. Im Rückgangsrohr der Circulationsleitung ist ein Thermometer angebracht, nach dem die Temperatur des Wassers durch Hinzuleiten von kaltem Wasser durch das Bleirohr b oder Abstellen desselben durch einen in dieser Leitung befindlichen Wasserhahn jederzeit regulirt werden kann. Das erwärmte Wasser des Reservoirs wird durch das schmiedeeiserne Rohr d den einzelnen Brausen zugeführt, die durch die daran befindlichen Durchlaufhähne abstellbar sind. Der Hahn öffnet sich beim Ziehen der Kette und schliesst sich durch das an der anderen Seite des Hebels befindliche Gewicht selbstthätig, wenn der Griff losgelassen wird.

Die Vertiefungen e e im Fussboden sind hergestellt, damit die das Bad benutzenden Schüler während der Dauer desselben mit den Füssen im Wasser stehen. Nach Beendigung des Bades wird das

Standrohr f aus dem Sitz des Abflussventiles gezogen und alles Wasser fliesst ab. g ist das verschlossene Ende des Abflussrohres, welches aus dem Fussboden herausgeführt wurde, um eine etwaige Verstopfung des Rohres von dort aus durch Durchstossen der Leitung beseitigen zu können. Bei dieser Construction zur Erwärmung des Badewassers können die Kinder niemals durch zu heisses Wasser verbrüht werden, welche Gefahr bei anderen Schulbädern besteht, wo sich kaltes und heisses Wasser kurz vor ihrem Eintritt in die

Fig. 238.



Schulbrausebad von Börner & Herzberg.

Brausen in einem kleinen Mischgefäss mischen; andererseits ist es schwieriger ausführbar, das Wasser bei jeder Abbrausung allmählich kühler werden zu lassen.

Die Schulbäder in der Stadt Aachen sind von J. G. Houben Sohn Carl-Aachen eingerichtet und zwar nach folgendem Plane: Im Erdgeschoss ist an einer geeigneten Stelle des Hausflures ein Wasserstrom-Heizapparat aufgestellt und mit einem schrankartigen Mantel umgeben. Der Wasserstrom-Heizapparat steht auf einem Sammelbassin von 0,3 cbm Inhalt, das mit Wasserstandglas und Ueberlauf versehen ist und von dem die Warmwasserleitung zu den sechs mit je einer Brause versehenen Badezellen führt. Mittelst eines in dieser Leitung eingeschalteten Hahnes können sämmtliche Brausen in und ausser Betrieb gesetzt werden. Jede Badezelle besteht aus zwei Ankleidezellen und dem zwischen beiden liegenden eigentlichen Bade- resp. Doucheraum. Die von je zwei gegenüberliegenden Ankleidezellen zu ihrem gemeinschaftlichen Doucheraum

führenden Thüren sind durch eine Gelenkstange so mit einander verbunden, dass stets eine derselben, und zwar diejenige, welche zur Zelle des sich Entkleidenden führt, geschlossen ist, während die nach der Zelle des Badenden führende Thür offen ist. Ist der letztere fertig, so geht er in seine Ankleidezelle und schliesst die Thür hinter sich, wodurch die Thür der gegenüberliegenden Zelle des inzwischen zur Douche Entkleideten sich öffnet; durch diese Einrichtung wird ein Zusammenkommen der Kinder im Doucheraum vermieden und die Beaufsichtigung bedeutend erleichtert.

Jeder Doucheraum enthält ein Fussbassin 0,67 × 0,85 cm gross und 12 cm hoch mit Abfluss in der Mitte; sämmtliche Abflüsse münden in ein unter der Wanne liegendes gemeinsames Abflussrohr, das mit einem Hahn versehen ist.

Die Bedienung dieser Badeanlage wird in den Aachener Volksschulen von den Schuldienern besorgt. Die Gasflammen des Wasserstrom-Heizapparates werden angezündet und der Kaltwasserleitungshahn wird geöffnet, worauf sofort das erwärmte Wasser in das Sammelbassin fliesst. Ein auf dem Ausflussrohr angebrachtes Thermometer zeigt die Temperatur des ausfliessenden Wassers, die sehr leicht dadurch regulirt werden kann, dass man den Kaltwasserhahn mehr oder weniger öffnet. Ist das Gas angezündet und die Temperatur des Wassers nach Wunsch regulirt, was innerhalb 2—3 Minuten geschehen ist, so braucht der Bedienende sich nicht weiter um den Apparat zu kümmern; derselbe functionirt selbstthätig und liefert continuirlich pro Minute ca. 40 l Wasser von etwa 35° C. Der Gasverbrauch beträgt pro Stunde ca. 9 cbm.

Die Bedienung der Douchen selbst besteht nur im Oeffnen des für alle 6 Douchen gemeinsamen Douchehahnes. Während des Douchens bleibt der Abflusshahn geschlossen. Das sich in der Fusswanne sammelnde Wasser dient zum Waschen der Füsse. Nach Schliessen des Douchehahnes wird der Abflusshahn geöffnet; die Fusswannen entleeren sich, und das Douchen kann wieder von Neuem beginnen.

Was nun die äussere Ordnung beim Baden anbelangt, so kann als Regel gelten, dass während der Unterrichtszeit gebadet wird. Jede Klasse hat ihre besondere Badestunde, in welcher dann ein Gegenstand zum Unterricht angesetzt ist, dessen kurze Versäumniss nicht schadet, z. B. Lesen, Schreiben, Zeichnen. Für je eine Gruppe von Kindern, deren Zahl sich nach der Anzahl und Grösse der Brausen richtet, wird eine Badezeit von 30 Minuten reichlich genügen, und

zwar sind davon 10 Minuten zum Auskleiden, 10 Minuten zum Douchen, Abreiben und 10 Minuten zum Ankleiden bestimmt. Im Allgemeinen werden diese Zeiten noch etwas beschränkt werden können; indess ist eine zu kurz bemessene Zeit nicht zu billigen. Etwa 10 Minuten nach dem Eintreten der ersten Gruppe in den Baderaum darf die zweite folgen; ist die erste Gruppe in das Zimmer zurückgekehrt, so begiebt sich die dritte Gruppe in den Baderaum. Man empfehle den Kindern lebhafte Bewegung, was einen Schutz gegen Erkältungen gewährt, wenn sie nach dem Baden bald ins Freie gehen. Auch in der ersten Unterrichtsstunde am Morgen und am Nachmittage muss das Baden unterbleiben, weil mit vollem Magen nicht gebadet werden darf.

Wenn ein Bad von 12 Brausen täglich ununterbrochen 3 Stunden lang in Betrieb ist, so können ca. 180 Kinder ein Bad nehmen, an 6 Tagen ca. 1080 Kinder. Da ein Theil der Kinder überhaupt nicht badet, die Kinder der Unterstufe noch nicht zum Bade zugelassen werden, so genügt eine derartige Anlage für eine Schule von ca. 1800 Kindern unter der Voraussetzung, dass jedes Kind wöchentlich einmal ein Bad erhält.

Weit kostspieliger in Anlage und Betrieb sind die Bassinbäder, die in der Regel aus den städtischen Wasserleitungen, seltener aus eigenen Tiefbrunnen gespeist werden. Eine derartige eigene Sommer- und Winter-Schwimm- und Badeanstalt besitzt das Joachimsthal'sche Gymnasium zu Berlin. Das Schwimmbassin ist 13 m lang, 6,90 m breit und fasst ca. 150 cbm Wasser. Es wird durch ein Holzgitter in eine 10,20 m lange Abtheilung für Schwimmer und eine 2,80 m lange Abtheilung für Nichtschwimmer getheilt. An der tiefsten Stelle des Bassins ist das Wasser 2,70 m, an der flachsten Stelle 1,20 m tief. Ueber die weiteren technischen Einrichtungen der Bassinbäder und die erforderlichen Geräthe müssen wir auf die Specialwerke verweisen. Eine grosse Sorge bei den Bassinbädern ist der Reinheit des Wassers zuzuwenden; denn da der von den Kindern an ihrem Körper mitgebrachte Schmutz bald das Wasser verunreinigt, so ist durch die gemeinschaftliche Benutzung eines kleinen Bassins seitens einer grösseren Zahl von Badenden die Möglichkeit der Uebertragung von Unreinlichkeiten, Krankheitskeimen etc. leicht gegeben. Diesen Uebelständen vorzubeugen, müssen die Kinder vor dem Einsteigen in das Bassin sich erst abseifen und unter einer warmen Brause ordentlich abbrausen; es muss ferner jede absichtliche Verunreinigung des Wassers durch Auswurf,

Urin etc. aufs strengste verboten werden. Ueberdiess hat ein stetiger Zulauf von reinem und ein fortdauernder Ablauf von unreinem Wasser zu erfolgen und es ist endlich eine häufige Entleerung des ganzen Bassins mit nachfolgender gründlicher Reinigung desselben nothwendig. Wenn wir auch das Schwimmen als körperliches Kräftigungsmittel wohl zu schätzen wissen, so sind doch, wie mich die eignen sehr ernsten Erfahrungen gelehrt haben[1]), die Nachtheile des verunreinigten Bassinwassers so gross, dass wir nur in dem Falle, dass mit grösster Sorgfalt die Reinheit des Wassers beachtet wird, die Bassinbäder empfehlen können, sonst aber immer den Brausebädern den Vorzug geben.

Wesentlich billiger und in hygienischer Beziehung zumeist werthvoller als die Bassinbäder sind die Badeeinrichtungen in freiem Wasser. Fliessende und grosse stehende Gewässer liefern geeignete Badeplätze, wenn sie einen festen, sandigen, nicht schlammigen Grund ohne Steine und ohne bedeutende Vegetation haben, wenn der Grund nicht nur allmählich tiefer wird, so dass das Gewässer sowohl für Nichtschwimmer als auch für Schwimmer geeignet ist, sondern auch eine gleichmässige, keine plötzlichen Tiefen zeigende Fläche bildet, wenn das Wasser möglichst rein und klar ist, also nicht durch Abfälle von Thieren und Menschen, durch die Abgänge aus Fabriken oder durch Fäulnissvorgänge eines reichen thierischen und pflanzlichen Lebens verunreinigt ist, wenn es bei Flüssen weder zu langsam noch zu schnell fliesst und keine gefahrdrohenden Strömungen und Wirbel bildet und wenn endlich diese Stelle möglichst nahe dem Wohnorte liegt. Wo das Ufer nicht ein bequemes Ein- und Aussteigen ermöglicht, sind für diesen Zweck Laufstege oder Treppen aus Brettern herzustellen. Die Grenze, bis wohin Nichtschwimmer gehen dürfen, muss durch ein Gerüst aus wagerechten Rundstangen bezeichnet werden. Wo Erwachsene baden, ist die zum Baden bestimmte Wasserfläche mit einem Bretterzaun oder mit Wänden aus Segeltuch etc. zu umgeben, was auch bei Badeplätzen für Schüler nothwendig ist, wenn sie in der Nähe menschlichen Verkehrs liegen. Für die einfachsten Verhältnisse genügt zum Aus- und Ankleiden eine entsprechend grosse Bretterbude, die entweder völlig auf dem Lande oder theilweise auch über dem Wasser steht. Ist die Höhe des Wasserspiegels grösseren Schwankungen unterworfen, so wird man, falls Breite und Tiefe des Stromes es zulassen, die Badeanstalt auf ein Floss bauen, das durch Tonnen, Pontons oder Baum-

---

[1]) Siehe hierzu A. Baginsky, Die Bassinbäder Berlins, bei Hirschwald 1896.



stämme getragen und in geeigneter Weise verankert wird. Derartige Badeeinrichtungen erfordern nur geringe Kosten und sollten daher an keinem Orte, wo ein geeignetes Gewässer vorhanden ist, fehlen, damit die Jugend doch wenigstens während des Sommers baden und schwimmen kann.

In Internaten sind Einrichtungen zu treffen, dass die Schüler auch regelmässig Wannenbäder nehmen können. Die Wannen sind aus Zinkblech oder aus Fliesen von Porcellan, glasirtem Thon etc. herzustellen und mit gesonderten Zuflussröhren für kaltes und warmes Wasser zu versehen. Hier ist besonders auf grösste Sauberkeit der Wannen, auf die richtige Erwärmung des Badewassers und auf angemessene Lufttemperatur des Raumes zu achten, damit der Badende sich nicht erkältet; überdiess auf die Einrichtung und die Benutzung einer kalten Brause. Alle 14 Tage sollte jeder Internatszögling ein derartiges Reinigungsbad, zu dem er auch Seife verwenden muss, nehmen.

R. Nebenanlagen.

Die Lehrerwohnung und die Wohnung des Schuldieners hat die Schulgesundheitspflege nicht direct zu beschäftigen. Man kann nur verlangen, dass die Schulstuben kleinerer Schulen in der Abwesenheit der Kinder nicht zum Privatgebrauch der Lehrer dienen, dass ferner Küchengerüche aus der Küche der Lehrerwohnung durch geeignete Lüftungsvorrichtungen von den Schulzimmern fern gehalten werden. Auch ist es unbedingt nothwendig, dass Eingänge, Flure und Treppen für Schüler von denen für die Lehrerfamilie vollständig getrennt sind.

Im Uebrigen müssen Lehrer- und die Schuldienerwohnung geräumig, hell und trocken sein; im Wesentlichen werden diese Anforderungen durch ähnliche Einrichtungen, wie sie für die Schule geschildert worden sind, erfüllt werden.

Das ganze Schulgehöft ist in fester, aber einfacher Weise einzufriedigen. Ein Lattenzaun wird in kleineren Orten genügen. Auch können innere Abtheilungen in Betracht kommen, so dass z. B. Garten, Wirthschaftshof und Spielplatz für die Schüler in angemessener Weise von einander gesondert werden (Erläuterungen vom 18. November 1887). In grösseren Städten wird die Einfriedigung durch Mauern oder eiserne Gitter erfolgen.

Steht eine Hochdruckwasserleitung zur Verfügung, so sind auf den Höfen und den Spielplätzen Hydranten anzuordnen zur Be-

nutzung bei Feuersgefahr und zum Besprengen etwaiger Anlagen, sowie der ungepflasterten, leicht stauberzeugenden Spielplätze. Auch das Innere des Schulgebäudes ist mit Wasserleitung zu versehen. In den Corridoren werden Wasserhähne mit Ausgussbecken anzubringen sein, desgleichen im chemischen Laboratorium und in den physikalischen und chemischen Lehrzimmern. Die Entwässerung der mit regelrechtem Gefäll angelegten Hof- und Spielplätze hat durch gepflasterte Rinnen und Senkkästen zu erfolgen; die Abführung des Nutz- und Tagewassers für das Schulgebäude durch gusseiserne Rohre bezw. im Aeusseren durch Abfallrohre aus Zink, welche ebenso wie die Senkkästen, wenn möglich, an die unterirdische Canalisation anzuschliessen sind.

Anhang.

Alumnate. — Pensionate. — Internate.

Bisher ist immer nur von Schulen im gewöhnlichen Sinne des Wortes die Rede gewesen; wir haben nachträglich noch einige wenige Bemerkungen bezüglich derjenigen Unterrichtsanstalten zu bringen, in welchen die Kinder zugleich eine Heimstätte finden. Es sind dies die Pensionate, Alumnate, ein Theil der Lehrer- und Lehrerinnen-Bildungsanstalten, die militärischen Bildungsanstalten (Kadettenhäuser, Unteroffizierschulen), die Erziehungsanstalten für Nichtvollsinnige (Blinde, Taubstumme), die Waisenhäuser, die Rettungsanstalten u. s. w. Die Pflichten dieser Anstalten der Jugend gegenüber sind doppelt gross, da sie derselben gleichsam Schule und Elternhaus zugleich sind.

Man kann in dem Bauprogramme für alle derartigen Anstalten von zwei verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen, dieselben entweder als Unterrichtsanstalten centralisirt gestalten wollen oder, indem man den eigentlichen Unterricht dem gesammten Erziehungszweck unterordnet, eine Vertheilung der Zöglinge in Einzelhäuser, mit mehr oder weniger dem Familienleben angepasstem Charakter ins Auge fassen. Ich halte letzteres unbedingt für das Richtigere und möchte meinen, dass man gut thut, Wohnhaus und Schulhaus durchaus getrennt von einander zu halten. Dieser Charakter der

Erziehungsanstalten gestattet es, den Anforderungen nach beiden Richtungen ganz wesentlich besser nachzukommen, als es in einem centralisirten Gebäude möglich ist. Was ich auch immer von Erziehungsanstalten gesehen habe, welche nach dem Princip der möglichsten Centralisirung gestaltet waren, konnte mich in hygienischer Beziehung nicht befriedigen. Immer ergaben sich Uebelstände in der vortheilhaften und hygienischen Ausgestaltung der Ess-, Schlaf-, Arbeits- und Schulräume, ganz abgesehen davon, dass auch schwere Uebelstände dadurch entstanden, dass bei der Unvermeidlichkeit vorkommender Infectionskrankheiten unter den Alumnen die Verbreitungsgefahr derselben in dem Bereiche der ganzen Anstalt bei Weitem grösser war, als in solchen Anstalten, welche von Hause aus nach dem Princip der Familienhäuser in kleinere, von einander getrennte Gebäude zerlegt waren. Man kommt also vom hygienischen Gesichtspunkte aus ganz unzweifelhaft zu dem Verlangen, Alumnate im Pavillonsystem zu errichten, und man wird von demselben nur dort abgehen wollen, wo Platzschwierigkeiten unvermeidlicher Art sich ergeben. Begreiflicherweise beansprucht der Pavillonbau ganz erheblich grössere Bodenflächen für die gleiche Alumnenzahl als der Centralbau.

Gehen wir deshalb vom Pavillonbau aus, so werden wir vielleicht den Grundplan eines Alumnates etwa folgendermassen gestalten können:

1. Pavillons für je 30—50 Kinder, enthaltend Schlafräume, Waschräume, Arbeitszimmer, Garderobenräume, Closet und Einzelbaderaum. Ueberdies Wohnzimmer, Schlafzimmer, Bad und Closet für den Lehrer oder die Aufsichtsmutter.
2. Oekonomiegebäude mit Küche und Speisesaal.
3. Das Schulgebäude mit allen seinen Einrichtungen (auch Bibliothek und Musikzimmer).
4. Die Turnhalle und der Turnplatz.
5. Die Badeanstalt mit Schwimmbassin.
6. Das Kesselhaus mit der Waschanstalt.
7. Isolirpavillon für Kranke, nach dem Muster anderer Infectionspavillons ausgestaltet.
8. Besonderes Gebäude für Director- und Lehrerwohnungen.
9. Portierhaus.
10. Garten- und Spielplatzanlagen.

Dies Alles würde sich ja freilich in der Anlage auch im Centralbau wieder finden müssen, nur dass die Anordung eine wesent-

lich andere und eigentlich complicirtere wird. Man würde für den Centralbau beanspruchen müssen:

1. Ein Hauptgebäude, enthaltend:
   a) Schulsäle, incl. Zeichen- und Gesangsaal, Conferenzzimmer, Aula und Betsaal.
   b) Wohnzimmer resp. Arbeitszimmer der Zöglinge.
   c) Schlafzimmer derselben.
   d) Waschzimmer.
   e) Bibliothek- und Musikzimmer.
   f) Wohnung des Directors.
   g) Wohnung des Kastellans.
2. Nebengebäude:
   a) Oekonomiegebäude mit Speisesaal.
   b) Lehrerwohnungen.
   c) Krankenhaus.
   d) Badeanstalt mit Schwimmbassin und Waschküche.
   e) Turnhalle.
   f) Abortanlage.
3. Freie Plätze:
   a) Gartenanlagen.
   b) Turn- und Spielplatz.

Nach diesen Voraussetzungen kann man die Gestaltung der einzelnen Abtheilungen der Anstalten gemeinsam betrachten. Das Pavillonsystem gestattet, weil man von vornherein bei seiner Ausführung mit grösserer Munificenz in der Raumgabe verfährt, eine bessere Entwickelung der Einzelräume. Die Schlafräume und Arbeitsräume können reichlicher bemessen werden und werden immer weniger eingeengt sein, als in einem Centralbau. Man kann nach dem Muster gut ausgeführter Anstalten wohl auch 8—10 qm bei 4,5 m Höhe, also 36—48 cbm für den Schlafraum und Wohnung zusammen, für das einzelne Kind zu Grunde legen, wobei vielleicht weniger auf die Höhenentwickelung als auf die Entwickelung der Bodenfläche Werth gelegt zu werden braucht. Allzu hohe Schlaf- und Wohnräume sind für Kinder entschieden zweckwidrig; sie sind ungemüthlich, kalt und unfreundlich.

Die Lage der Arbeitszimmer und Wohnzimmer nach Norden ist möglichst zu vermeiden. Bezüglich Höhe und Breite der Fensteranlage sind die früher gegebenen Bestimmungen auch für die Ar-

beitszimmer gültig; insbesondere wird darauf zu achten sein, dass die Arbeitstische das Licht von der linken Seite her und in genügender Menge erhalten. Auch Heiz- und Ventilationsanlagen sind in diesen Räumen entsprechend den früher gegebenen Bestimmungen einzurichten, insbesondere sind Lüftungsanlagen in den Schlafzimmern unentbehrlich. Für die künstliche Beleuchtung wird man in grossen Anstalten Gas oder elektrisches Licht kaum entbehren können; indess ist für die Schlafsäle die immer nothwendige Beleuchtung mittelst Oellampen oder elektrischem Glühlicht behufs Vermeidung von Unglücksfällen jeder anderen vorzuziehen. — Die Betten sind in der Entfernung von je 1—1,5 m von einander aufzustellen und sind am besten nach dem Muster der in Krankenhäusern eingeführten Betten einzurichten, nämlich mit fester Matratze auf Federboden, Wolldecken und Rosshaar- oder Federkissen. Für den Winter sind zwei Decken oder eine dickere Decke mit Plumeau zu gestatten. Grösste Sauberkeit in den Schlafzimmern ist selbstverständlich geboten; dieselbe hat sich insbesondere auch auf die unvermeidlichen Nachtgeschirre zu beziehen. — Die Schlafsäle sind im Winter durchschnittlich auf 10—12° R. zu temperiren; zu diesem Zwecke sind die Schlafzimmer ebenso wie Wohnzimmer mit Thermometern zu versehen.

Waschzimmer sind nicht entbehrlich. Jeder Zögling muss sein eigenes, mit Namen oder Nummer bezeichnetes Waschbecken und eigene Waschutensilien zur Verfügung haben. Die Menge des zu verwendeten Wassers darf nicht zu gering sein; sie ist etwa auf 5 l zu bemessen. Die Waschgefässe müssen nach dem Muster der in Krankenhäusern üblichen frei schwebend in eisernen Stäben, als Kippgefässe, die von allen Seiten leicht zugängig und zu reinigen sind, gestaltet werden. Jede Holzbekleidung und jede unnütze Zier, ja man möchte sagen, jede unnütz erscheinende Kante ist hier zu meiden, weil sie als Schmutzfänger dient. Die zwischen den einzelnen Gefässen eingefügten Näpfchen und Vertiefungen für Zahnbürste, Kamm, Seife müssen gleichfalls flach und leicht zu reinigen sein. Am besten sind dieselben aus Porzellan, in Eisenstäbe eingefügt, herzurichten.

Der Fussboden ist aus Asphalt, Terrazzo oder ähnlichem, das Wasser nicht durchlassendem oder aufsaugendem Material herzustellen; er muss stets etwas geneigt und mit Ablaufrinne und Ablauföffnung versehen sein.

Von den Waschräumen gehen zu allermeist die epidemischen

Krankheiten in Alumnaten aus. Man kann deshalb in der Reinhaltung dieser Räume und deren Utensilien gar nicht sorgsam und streng genug sein.

Das Gleiche gilt für die Garderobenräume. Die Anlage der Schränke muss derart getroffen sein, dass Winkel und der Reinigung unzugängige Stellen absolut vermieden werden. Vor Allem muss der Boden unter den Schränken ganz bequem gefegt und aufgewischt werden können, und die Schränke selbst müssen als Ventilationsschränke gestaltet werden; ebenso müssen die Räume im Ganzen gut gelüftet sein. Es ist sehr viel Werth auf die vollständigste und beste Ausführung dieser Anordnungen zu legen, weil, wie ich beobachten konnte, hier eine schlimme Quelle der Infection für ganze Anstalten liegt. Die Räume müssen deshalb auch von Zeit zu Zeit ganz besonders gut gereinigt und selbst desinficirt werden.

Die hygienischen Anforderungen bezüglich der Bibliothek, der Wohnung des Directors und des Kastellans oder Portier der Anstalt bedürfen hier keiner eingehenden Erörterung.

Unter den Nebengebäuden hat das Oekonomiegebäude insofern hygienisches Interesse, als dasselbe zweckmässig den Speisesaal enthält. Wolffhügel fordert für den Speisesaal pro Kopf 3 cbm, eine Grösse, welche in der Lichterfelder Kadettenanstalt weitaus übertroffen wird. (Derselbe hat für 750—800 Kadetten 54,84 m Länge, 18,54 m Breite und 12,83 m Höhe.) Man könnte füglich bei der Ausführung von Pavillonbauten die Frage aufwerfen, ob man die Kinder nicht auch in ihren einzelnen Pavillons soll speisen lassen. Dies ist indess aus pädagogischen, aus Verwaltungs- und auch aus hygienischen Gründen zu verwerfen. Die Kinder sollen, wenn sie gleich in Pavillons getrennt wohnen, im Speisesaal ebenso wie in den Schulräumen ihre Zusammengehörigkeit finden. Ueberdies läge in der Ansammlung von Speiseresten in den Pavillons eine weitere Gefahr hygienischer Schädigungen. Dass in dem Oekonomiegebäude bezüglich geeigneter Entfernung der Küchenabfälle und des Ausgusswassers die grösste Sorgfalt herrschen muss, dass insbesondere jede Verunreinigung des Bodens unbedingt zu vermeiden ist, bedarf nach den früheren Eörterungen hier keiner Auseinandersetzung.

Die Anlage eines kleinen Krankenhauses wird für eine grössere Anstalt niemals zu umgehen sein. Es ist zweckmässig, dasselbe etwa für ca. 6—10 Betten einzurichten und als für sich stehenden Pavillon, abseits von den eigentlichen Wohnpavillons und wo möglich

auch so, dass die vorherrschende Windrichtung ihn nicht zuerst trifft, zu errichten. Der Pavillon muss durch eine eigene Gartenanlage und durch ein Gittersystem vollständig von den anderen abzutrennen sein, so dass jeder Verkehr zwischen den Kranken und den Gesunden verhindert ist; auch muss diese Trennung sich auf das Wärterpersonal des Krankenpavillons erstrecken können. Im Uebrigen muss hier bezüglich der einzelnen Einrichtungen auf die entsprechenden Handbücher und Publicationen verwiesen werden (s. auch Baginsky, Archiv für Kinderheilkunde Bd. XII und Arbeiten aus dem Kaiser und Kaiserin Friedrich-Kinderkrankenhause Bd. I bei F. Enke).

Eine der Grösse der Anstalt entsprechende Badeanstalt (Schwimmbassin und Warmwannenbad) ist unentbehrlich. Die blosse Einrichtung einiger Badezimmer für Wannenbäder genügt deshalb den Bedürfnissen nicht, weil die Zöglinge der Anstalt angehalten werden sollen, auch im Winter kalt zu baden und zu schwimmen. Betreffs der Anlage des Schwimmbassins kann auf die einschlägigen Arbeiten und meine eigenen Angaben verwiesen werden. Die Bassins müssen aus ganz glattem, gut zu reinigendem Material eingerichtet werden. Schwieriger als ihre erste Anlage ist freilich die Reinhaltung und die stets frische Wasserzuführung. Auch hier haben, wie erwähnt, neuere Erfahrungen ernste Gefahren für die Kinder kennen gelehrt, und man wird deshalb die Schwimmbäder mit besonderer Sorgfalt zu überwachen haben.

Bezüglich der Turnhallen und der Abortanlagen kann auf die früheren Ausführungen verwiesen werden.

Für ausserordentlich wichtig halte ich gerade für solche Institute, wie die Alumnate, die Anlage eines grossen Gartens und eines Spielplatzes. Bei dem Ausfall jeder praktischen Beschäftigung, ja bei der Unmöglichkeit, in der Abgeschlossenheit des Internatslebens praktische Handhabungen auch nur zu sehen oder zu beobachten, ist es die dringendste Forderung, dass die Schüler zur Handarbeit angeleitet werden; für solchen Zweck ist aber kaum eine Thätigkeit erspriesslicher als die Gartenpflege, und so müssen denn gewisse Theile des dem Institut zugehörigen Gartens von den Zöglingen selbst bearbeitet, bepflanzt und in Ordnung gehalten werden; hier lässt sich auch alsdann der naturwissenschaftliche Unterricht in vorzüglichster Weise anknüpfen. Natürlich sind auch diejenigen Thätigkeiten, die unter der Bezeichnung Knabenhandarbeit oder Handfertigkeit zusammengefasst werden, für die Ausbildung der Zöglinge von nicht geringer Bedeutung, wobei aber vorausgesetzt werden

muss, dass sowohl die Arbeiten als auch die benutzten Räume den Anforderungen der Hygiene entsprechen.

Die Anlage eines grossen Spielplatzes und Turnplatzes ist nothwendig, um den Kindern, welche im Internat Gefahr laufen, zu wenig oder zu gleichmässige körperliche Bewegung zu haben, Gelegenheit zu geben, nach eigener Lust in Spielen und Turnübungen ihre körperlichen Fähigkeiten zu entfalten.

Die weiteren hygienischen Massregeln für die Zöglinge in Alumnaten treffen auch hier wieder mit den pädagogischen zusammen. Ganz besonders bedürfen die Schlafräume einer strengen Controle, und es ist wünschenswerth, dass ein Vorgesetzter jeden Augenblick in der Lage ist, einen Blick in die Schlafräume zu werfen; am besten wohnt derselbe in einem anstossenden Gemach, welches durch ein Fenster mit dem Schlafsaal der Zöglinge communicirt. Unsittliche Zöglinge müssen von der Anstalt entfernt werden; dieselben sind hier noch gefährlicher als in Schulen.

Bezüglich der Arbeitsbelastung, der Unterrichtsdauer, der häuslichen Aufgaben u. s. w. kommen hier alle später zu erwähnenden Verhältnisse ebenfalls zur Geltung.

Eine strenge, fast militärische Hausordnung ist in Internaten nicht von der Hand zu weisen; dieselbe hat sich auf die pünktliche Einhaltung der Zeiteintheilung, wie auf Durchführung von Reinlichkeit und Ordnungsliebe zu beziehen.

Hinsichtlich der Kost kommt es darauf an, dass die Zöglinge die erforderlichen Nährstoffe in einer angemessenen Form und in ausreichendem Maasse erhalten. Es würde zu weit und in ein völlig anderes hygienisches Gebiet führen, die Kostfrage hier zu erörtern. Es muss deshalb auch hier auf die einschlägige Literatur verwiesen werden.

Kindergärten.

Die nach Fröbel's Ideen eingerichteten Kindergärten, ferner die Kleinkinderschulen und Kinderbewahranstalten nach Oberlin sind zur Zeit schon von erheblicher Bedeutung für die Kinderwelt und werden es voraussichtlich in der Zukunft noch mehr werden. Es sollen deshalb hier einige hygienische Winke für dieselben angefügt werden.

In erster Linie machen sich von ärztlicher Seite zwei Forde-

rungen für dieselben geltend, d. i. die Beschaffung von normaler Luft und gutem Licht. Nach beiden Richtungen sind die bisherigen Einrichtungen mangelhaft. Die Mehrzahl der von mir besichtigten, zu Kindergärten benutzten Räumlichkeiten ist durchaus unpassend für dieselben, weil sie entweder zu dunkel oder zu eng sind und nicht gehörig gelüftet werden können. Der Kindergarten ist gewöhnlich irgendwo eingemiethet und mit den zufälligen örtlichen Verhältnissen des Hauses zufrieden. Dies darf nicht der Fall sein, wenn die Kinder nicht an Gesundheit und Leben Schaden leiden sollen. Vielmehr müssen für den Kindergarten eigens dazu eingerichtete Anlagen ausgeführt werden. Es ist daher mit Freude zu begrüssen, dass in einzelnen Grossstädten (München, Berlin) neuerdings beim Bau der Volksschulhäuser auch einige Räume für einen Kindergarten vorgesehen sind. Im Anschluss an die von Georgens[1]) gegebenen Entwürfe würde für einen zweckmässig angelegten Kindergarten etwa folgendes Programm aufzustellen sein:

1. Kindergartenhaus.
2. Gartenanlagen.
3. Spielplatz.

Das Kindergartenhaus muss enthalten im Erdgeschoss:

a) Ein Zimmer für die Kindergärtnerin.
b) Ein Garderobezimmer mit anstossendem Waschzimmer.
c) Einen grossen Spielsaal.
d) Zwei Beschäftigungssäle.
e) Utensilienzimmer.

Im Obergeschoss darf sich die etwa aus Wohnzimmer, Schlafzimmer und Küche bestehende Wohnung der Kindergärtnerin befinden.

Hinträger[2]) hält für einen Kindergarten folgende Räume nothwendig: 1. Beschäftigungssaal; 2. Spielsaal; 3. Kleiderablage; 4. Wirthschaftsräume; 5. Wohnungen; 6. Bedürfnissanstalten; 7. Spielplatz und Garten. Sind die aufzuwendenden Mittel nur gering, so sollten doch wenigstens vorhanden sein: 1. Aufenthaltsraum; 2. Spielplatz und Garten; 3. Bedürfnissanstalt; 4. Küche; 5. Zimmer der Kindergärtnerin.

Die Gartenanlagen, etwa den doppelten Raum von der für das Haus bestimmten Quadratfläche einnehmend, schliessen zweckmässig

---

[1]) Georgens, Mutter- und Kindergartenbuch. Leipzig 1880.
[2]) Hinträger, Bau und Einrichtung von Pflege- und Erziehungsanstalten für die Jugend des vorschulpflichtigen Alters. Wien 1892.

das Haus theilweise ein, ohne ihm indess durch hohe Bäume das Licht nehmen zu dürfen. Dieselben sollen nach Georgens enthalten: Beschäftigungslauben, Vogelhaus, Irrgang, Sandhaufen, Kinderbeete, Wasserbecken, Brunnen.

Der Spielplatz ist mit schattigen Bäumen zu bepflanzen. Er muss so gross sein, dass auf jedes Kind 3 qm kommen. Die Gesammtgrösse sollte nicht unter 150 qm herabgehen.

Die Closets werden auch im Kindergarten zweckmässig ausserhalb des eigentlichen Kindergartenhauses anzulegen sein.

Für die Grösse der ganzen Anlage dürften auch die für die Schulen angeführten Normen gültig sein, mit der Erweiterung, dass ausser dem Spielplatz noch der Gartenanlage ein beträchtliches Areal zufällt.

Die Grösse der Arbeitszimmer bezüglich der quadratischen Fläche und der Höhe dürfte sich gleichfalls von den früher gemachten Angaben wenig unterscheiden; insbesondere ist für den Spielsaal die Höhenbestimmung der Aula nahezu als maassgebend zu betrachten. Hinträger fordert eine lichte Höhe von 4,5—5 m.

Bezüglich der Fensteranlage, der Heiz- und Ventilationsvorrichtungen ist hier gleichfalls kaum etwas hinzuzufügen.

Die Subsellienfrage tritt für den Kindergarten in den Hintergrund, weil die kleine Schaar nur wenig sitzen soll. Zweckmässig sind Einzelstühle mit Lehne und zweiplätzige Tische in ähnlicher Form, wie sie nach meinen Angaben auf der Berliner Gewerbeausstellung 1896 vorgeführt wurden (von A. Zahn, Berlin). Tische und Stühle sind nicht auf dem Boden befestigt, so dass sie bequem zur Seite gestellt werden können, um so die ganze Bodenfläche des Zimmers frei zu machen. Der Kindergarten darf nicht zu weit vom Elternhause der ihn besuchenden Kinder entfernt sein; der Weg muss bequem und gefahrlos sein, und bei schlechter Witterung müssen die Kinder entweder dem Unterricht gänzlich fern bleiben oder nach dem Kindergarten gefahren werden. Selbstverständlich dürfen die Kleinen nicht unbewacht nach dem Kindergarten geschickt werden, sondern müssen von Erwachsenen dahin geleitet und von dort wieder abgeholt werden. Auf den Kindergartenunterricht und die hygienische Ueberwachung der Kindergärten werden wir noch an anderer Stelle und später zurückkommen.

Feriencolonien. Erholungsschulen.

Der Gedanke, die Ferienzeit dazu auszunutzen, etwaige durch den Schulunterricht oder auch sonst entstandene körperliche Schäden bei den Kindern auszugleichen, lag sehr nahe, und die besser situirten Familien bringen denselben von jeher praktisch zur Durchführung, indem sie mit ihren Kindern Landaufenthalt wählen, Seekurorte aufsuchen etc. — Die Wohlthaten der Ferienerfrischung auch ärmeren Kindern ausgiebig zugängig zu machen, ist erst der jüngsten Zeit vorbehalten gewesen. Im Jahre 1876 schickte Pfarrer Bion in Zürich zum ersten Male eine Anzahl von Schulkindern aufs Land. Seither haben sich diese sogenannten Feriencolonien in fast allen grösseren Städten Deutschlands eingebürgert[1]), und zwar werden die Kinder entweder in Colonien von 15—25 unter der Obhut eines Lehrers oder einer Lehrerin vereint in einer von der Stadt entfernten auf dem Lande, an der See, im Gebirge oder in einem Kurorte gelegenen Localität untergebracht, oder die Kinder werden einzeln oder zu je 2—3 einzelnen Familien auf dem Lande für die Ferienzeit in Pflege gegeben. Die Berichte ergeben, dass auf beiden Wegen gute Resultate erzielt werden, so dass die Kinder sofort und auch für später in der Ernährung und in ihrem ganzen Gedeihen gefördert werden. Hygienisch ist also die Einrichtung im Ganzen dringend zu empfehlen.

Hier kann uns nur die Aufgabe obliegen, einzelne hygienische Gesichtspunkte hervorzuheben.

1. Vor Allem dürfen zur Verpflegung in Feriencolonien nur an sich zwar erholungsbedürftige, aber sonst gesunde Kinder angenommen werden; es muss also eine sehr eingehende ärztliche Controle der Kinder vorangehen, welche sich auch auf den etwa in der Familie der Kinder augenblicklich herrschenden Gesundheitszustand, insbesondere auf den Ausschluss von contagiösen Krankheiten, zu beziehen hat. Schwere chronische Uebel, wie schwere Scrophulose, Lungenschwindsucht, Augenentzündungen, Ohreneiterungen, Hautausschläge, Epilepsie, Chorea u. s. w. bedingen die Zurückweisung.

2. Die angenommenen Kinder müssen mit Kleidungsstücken gut ausgerüstet sein.

---

[1]) S. den Bericht mit Zahlenangaben. Varrentrapp, Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege Bd. XV. — Verhandlungen des internationalen Kongresses für Ferienkolonien und verwandte Bestrebungen der Kinderhygiene in Zürich am 13. und 14. August 1888. Hamburg und Leipzig 1888 (hier auch reiche Literaturangaben).



3. Die Localitäten, welche als Schlafräume für die Kinder gewählt werden, müssen trocken, luftig und reinlich sein. Varrentrapp verlangt mit Recht pro Kind 10 cbm als Norm.

4. Die Ernährung muss contractlich als gesund und ausreichend gesichert sein. Vorzugsweise muss reichlich gute Milch vorhanden und auch die Darreichung von frischem Fleisch wenigstens 4—5 Mal wöchentlich garantirt sein.

5. Selbstverständlich sind Knaben und Mädchen in getrennten Schlafräumen unterzubringen, während gemeinschaftliche Spiele beider Geschlechter, insbesondere der jüngeren Altersstufen, zu gestatten sind. Gegenwärtig werden die einzelnen Colonien nur von Knaben oder nur von Mädchen gebildet.

6. Die Tageszeit, von 6 Uhr Morgens bis 7 Uhr Abends, ist wesentlich mit Spielen, Baden, Turnen, Ruhen, Essen und bildender Unterhaltung auszufüllen. Eigentlicher wissenschaftlicher Unterricht darf nicht stattfinden.

7. Die Dauer des Ferienaufenthaltes ist auf ca. 3—4 Wochen zu bemessen.

8. Die Führung und Beaufsichtigung der Feriencolonie hat ein Lehrer oder eine Lehrerin. Die Controle durch einen etwa in der Nachbarschaft wohnenden Arzt ist nicht unerwünscht, wenngleich nicht nothwendig, weil erkrankende Kinder sofort aus der Colonie zu entfernen, entweder anderswo unterzubringen oder nach Hause zu schicken sind.

So werthvoll nun auch diese Colonien sind, so erfüllen sie deshalb noch nicht den eigentlichen Zweck, weil die nicht unerheblichen Kosten, insbesondere der Aufwand für die Reise, es unmöglich machen, die Wohlthat vielen Kindern zugleich angedeihen zu lassen; auch fehlen häufiger die passenden Localitäten, eine erkleckliche Anzahl von Schülern gleichzeitig aufzunehmen. Ich habe es daher schon lange als ein dringendes Erforderniss insbesondere für grosse Städte angesehen, dass neben den eigentlichen Schulen in der Sommerzeit eine Art von Erholungsschule in einem von der Stadt nicht zu entfernt liegenden Walde eingerichtet werde, in welcher der wissenschaftliche Unterricht nur theilweise, und zwar zumeist im Freien, fortgesetzt wird, während die übrige Zeit, wie in der Feriencolonie, zu körperlicher Pflege und bildender Unterhaltung verwandt wird. Diese Art von Colonien, welche also continuirlich während des ganzen Sommers im Gange sind, würden im Stande sein, durch den Wechsel von Schulkindern innerhalb eines Sommers Hunderten der-

selben die Wohlthat der Erholung angedeihen zu lassen. Die „Erholungsschule“ müsste naturgemäss ihre eigene Oekonomie haben; auch müssten die Lehrer daselbst für den Sommer stetig ihren Aufenthalt nehmen, wobei indess ebenfalls ein den Bedürfnissen entsprechender Wechsel nicht ausgeschlossen ist. Die Einrichtung der nothwendigen Gebäude würde sich leicht nach den früheren Capiteln dieses Buches construiren lassen; man würde sich aber von vornherein für den leichteren Barackenbau entscheiden können. — Vielleicht werden sich diese bisher nur als pia desideria erscheinenden hygienischen Vorschläge mit dem Fortschreiten der hygienischen Bewegung auf dem Gebiete der Schule in nicht zu langer Zeit in die Praxis ebenso einführen, wie die augenblicklich beliebten Feriencolonien. Ein Anfang, wenn auch nur in geringem Umfange, ist ja neuerdings in Dresden gemacht, und die Erfolge sind durchaus günstig. — Der Nutzen dieser Art von Erholungsschulen würde, des bin ich überzeugt, denjenigen der Feriencolonien noch übertreffen.

Sachregister.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

J.

I.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

X.

Z.

Namenregister.

S.

T.

U.

Druckfehlerverzeichniss.

Seite 68 Zeile 13 u. 14 von oben: 0,5 mm statt 0,3.
Seite 434 letzte Zeile: Schiebers (am Abzugsrohr) statt Abstechschiebers.
Seite 580 Zeile 15 von unten: Buchner statt Bucher.
Seite 631 Zeile 4 von oben: Munzinger statt Munziger.

